Preisgekrönt von dem Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Die Schule des Locomotivführers.

Handbuch

für

Eisenbahnbeamte und Studirende technischer Anstalten.

Gemeinfaßlich bearbeitet von

J. Brosius,
Königl. Eisenbahndirector
Harburg.

und

R. Koch,
Oberinspector der Kgl. Württemberg. Staats-Eisenbahnen.

Mit einem Vorwort

von

weiland Edmund Heusinger von Waldegg,
Redacteur des „Organs für Eisenbahnwesen".

Erste Abtheilung:

Der Locomotivkessel und seine Armatur.

Mit 184 Holzschnitten und 2 lith. Tafeln.

Achte vermehrte und verbesserte Auflage.

Wiesbaden.

Verlag von J. F. Bergmann.

1894.

Druck von Carl Ritter in Wiesbaden.

Vorwort zur ersten Auflage.

Das vorliegende Werkchen verfolgt einen ähnlichen Zweck, wie M. M. von Weber's rühmlichst bekannte „Schule des Eisenbahnwesens"; wie diese zunächst dem angehenden Eisenbahn-Techniker als Leitfaden dienen, dann aber auch das größere Publikum über die Technik des Baues und Betriebes der Eisenbahnen im Allgemeinen unterrichten soll, so dient die „Schule des Locomotivführers" nicht nur zur Unterweisung junger Leute, die sich dem Locomotivführerstande widmen wollen, indem darin sehr klar und faßlich der Bau, die Einrichtung und Behandlung der Locomotive beschrieben wird; außerdem hat sie auch noch den Zweck, andere Eisenbahnbeamte, wie Zugführer, Stationsbeamten, die bei außergewöhnlichen Vorfällen auch einige Kenntnisse von der Locomotive haben sollten, im Allgemeinen über die Behandlung derselben zu unterrichten. Ebenso werden die Bautechniker, welche während ihrer Studienzeit keine Gelegenheit fanden, die Locomotive in ihren einzelnen Theilen genau kennen zu lernen, mit Nutzen das Büchlein lesen, und bei dem großen Interesse, welches die Locomotivmaschine im Allgemeinen erregt, werden auch viele Laien das vorliegende Schriftchen benutzen, um sich eine klare Vorstellung von dem Bau und der Einrichtung dieser sinnreichen Maschine zu verschaffen.

Allen diesen Zwecken entspricht die vorliegende „Schule des Locomotivführers" in vorzüglicher Weise, während die Arbeit für Eisenbahn-Maschinen-Ingenieure selbstverständlich nicht berechnet ist; doch wird sie mancher Maschinenmeister gewiß gern als Leitfaden bei dem Locomotivführer-Examen benutzen.

In sehr verständlicher und übersichtlicher Weise wird im I., dem Kessel gewidmeten Abschnitte zunächst dieser im Allgemeinen besprochen, dann folgt die Beschreibung der Zusammenfügung des Langkessels, der Feuerkisten, der Rauchkammer und des Schornsteins, der Sieberöhren und die Kesselverankerung. In dem II. Abschnitt (Armatur) werden die verschiedenen Apparate zur Beobachtung des Wasserstandes, zur Speisung des Kessels, zur Beobachtung der Dampfspannung, für die Sicherheit gegen Dampfüberdruck, für Regulirung des Feuers, für die Dampfleitung, für die Möglichkeit, hörbare Signale zu geben, für die Sicherheit gegen brandgefährlichen Funkenauswurf, sowie die Entleerung und Reinigung des Kessels recht zweckmäßig behandelt und durch eine große Zahl Holzschnitte der einzelnen Theile sehr anschaulich erläutert, wie auch auf ein Paar größeren lithographischen Tafeln der Kessel und die Armatur einer Güterzugsmaschine in Ansichten und Durchschnitten dargestellt sind. Außerdem werden in einem Anhange nicht technisch gebildete Leser mit denjenigen physikalischen Gesetzen vertraut gemacht, welche zum Verständniß aller Vorgänge im Locomotivkessel nöthig sind. In weiteren bald folgenden Lieferungen sollen als II. Abtheilung die Locomotivsteuerungen, als III. das Untergestell mit Rahmen, Rädern, Achsen, Achsbüchsen, Federn, Bahnräumer, Schmier- und Sandstreuapparate u. s. w. und zugleich Cylinder, Kolben, Parallelleitung mit Kreuzkopf, Kurbel- und Kuppelstange u. s. w. vorgeführt werden. Diesen wird sich eine IV. Abtheilung, den speciellen Locomotivfahrdienst mit einer Menge praktischer Winke enthaltend, anreihen.

Ueber denselben Gegenstand und ebenfalls für angehende Locomotivführer bestimmt, sind zwar schon früher 3 Schriftchen von Kretschmer, Kosak und Fritsche erschienen, die aber sämmtlich von dem vorliegenden Werkchen durch seine übersichtliche klare Behandlung und anschauliche Darstellung weit übertroffen werden. Die von Kretschmer und Fritsche enthalten gar keine Abbildungen, welche in einem solchen Buche unentbehrlich sind; das Buch von Kosak ist nur mit 22 Holzschnitt-Figuren und 3 lithographischen Tafeln ausgestattet, welche lange nicht ausreichen; außerdem ist die Behandlung in Katechismusform langweilig.

Ich kann daher mit vollem Recht die „Schule des Locomotivführers“ als ein sehr zeitgemäßes Unternehmen bezeichnen und verdienen die Herren Verfasser für die sachgemäße und sorgfältige Bearbeitung alle Anerkennung.

Hannover, Ende Mai 1873.

Heusinger von Waldegg,
Oberingenieur.

Vorwort zur achten Auflage.

Im Mai 1873 traten wir mit der „Schule des Locomotivführers“ an die Oeffentlichkeit. Wenngleich unsere Arbeit damals allseitig die günstigste Beurtheilung erfuhr, so wagten wir doch nicht, auf den bis heute erzielten Erfolg zu hoffen, welcher nach Verlauf von etwa 20 Jahren acht starke Auflagen erforderte.

Die Verfasser haben sich mit dem erfreulichen Erfolg insofern nicht zufriedengestellt, als sie, wie bei den früheren neuen Auflagen, auch bei dieser achten bemüht waren, das Werk immer mehr zu vervollkommnen und auf der Höhe der Zeit zu halten, indem einerseits Veraltetes wegfiel, andererseits dagegen neue Constructionen Aufnahme fanden, wie denn auch die jüngsten Erscheinungen und besseren Erfahrungen im Eisenbahnwesen, ferner die neuesten Dienstvorschriften, Reglements u. s. w. nicht unberücksichtigt geblieben sind. Dem von vielen Seiten gegebenen guten Beispiele gern folgend, haben wir uns bemüht, die Fremdwörter in unserer Arbeit thunlichst auszumerzen.

Wir glauben, die achte Auflage eine verbesserte und vermehrte nennen zu dürfen.

Fortdauernd gehen uns Beweise zu, daß man in den verschiedensten Kreisen unserer Arbeit ein für die Verfasser sehr erfreuliches Wohlwollen entgegenträgt. Zur besonderen Genugthuung gereichten denselben die Empfehlungen des Werkes Seitens vieler Eisenbahnverwaltungen selbst bei ihren Beamten und angehenden Locomotivführern, wie es denn auch den Verfassern zur Freude gereicht, ihre „Schule des Locomotivführers“ bereits in drei fremde Sprachen übersetzt und in jüngster Zeit von dem Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen preisgekrönt zu wissen.

Wir hoffen, daß auch die achte Auflage eine freundliche Aufnahme finde. Ihr Erscheinen bietet uns wiederholt die willkommene Gelegenheit, allen Denjenigen unseren aufrichtigen Dank auszusprechen, welche uns bei unserer Arbeit behülflich waren.

Harburg, Friedrichshafen, im Winter 1894.

J. Brosius. R. Koch.

Inhaltsverzeichniß.

I. Der Locomotivkessel.

II. Die Armatur.

III. Naturlehre.

Kesselprüfungen.

Einleitung.

An der Locomotive sind drei Haupttheile zu unterscheiden:

1. der Dampferzeugungsapparat,
2. die Dampfmaschine,
3. ~~der Wagen.~~

Bei feststehenden Dampfmaschinen besteht der Dampferzeugungsapparat gewöhnlich wieder aus zwei getrennten Theilen, nämlich aus:

a. der Feuerungsanlage,
b. dem Dampfkessel.

Bei der Locomotive sind diese beiden Theile so eng mit einander verbunden, daß zur deutlichen Beschreibung eine Trennung nicht nöthig und auch kaum möglich ist, weshalb wir unter Locomotivkessel immer die Feuerungsanlage mitverstehen.

Der Kessel hat als Dampferzeugungsapparat den Zweck, den für den Betrieb der Locomotive erforderlichen Dampf von vorgeschriebener Spannung zu erzeugen.

Bei den neueren Locomotiven von 600 Pferdekräften und mehr ist der Verbrauch an Dampf sehr bedeutend, seine Spannung beträgt bis zu 12 Atmosphären*), so daß der Kessel eine große Widerstandsfähigkeit haben muß; dabei können wegen der Gleisentfernung das Gewicht und die Abmessungen nur beschränkt sein: man ist deshalb genöthigt gewesen, von den bei feststehenden Dampfkesseln gebräuchlichen Formen abzugehen und eine sehr abweichende und weniger einfache zu wählen.

*) Siehe in diesem Theile: III. Naturlehre.

Den mit der Einrichtung eines Locomotivkessels noch nicht vertrauten Lesern soll diese zunächst unter Zuhülfenahme der Fig. 1—7 auf Taf. 1 und 2 kurz und ohne Einzelheiten beschrieben werden.

Die fünf Wandungen a b c d e bilden den Feuerraum, welcher im unteren Theile zur Aufnahme des Brennstoffes die Roste f f f hat; man nennt diesen Theil der Locomotive die **Feuerkiste** oder auch die **innere Feuerbuchse.** Sie wird in dem Abstande von etwa 70 mm umschlossen von der **äußeren Feuerbuchse,** auch **Feuerbuchsmantel** oder **Stehkessel** genannt, welche durch die in den Fig. 1 und 2 mit g g g und h i bezeichneten Wandungen gebildet wird. Beide Feuerbuchsen sind am unteren Ende durch einen zwischengelegten, mit beiden Wandungen vernieteten Rahmen r r von Metall dampf- und wasserdicht geschlossen. Zur Beschickung des Rostes mit Brennstoff haben die Rückwände beider Feuerbuchsen Oeffnungen für die Feuerthüre k. Auch an dieser Stelle wird der dichte Verschluß zwischen den beiden Wandungen, wie im unteren Theile der Feuerkisten, durch einen eingenieteten Metallrahmen r′ r′ hergestellt.

An den Feuerbuchsmantel schließt sich der cylindrische Theil des Kessels, der **Langkessel** L. Der innere Raum dieses steht mit dem der äußeren Feuerkiste in Verbindung, zu welchem Zweck die Vorderwand des Mantels in der Größe des Langkesselquerschnittes durchbrochen wird, Fig. 2 bei l l. Das vordere Ende des Langkessels ist durch die Wand m m geschlossen. Diese Wand und die der inneren Feuerkiste, welche mit c bezeichnet ist, haben eine besondere Bedeutung, beide sind nämlich durch eine große Anzahl Röhren, **Rauch-** oder **Sieberöhren,** n n n verbunden und haben deshalb eine gleiche Anzahl genau sich gegenüberliegender Löcher zur Aufnahme der Röhren; m m heißt die **vordere** und c c die **hintere Rohrwand.**

Den vorderen Schluß des Locomotivkessels bildet der Raum R, **Rauchkammer** oder **Schimmelend** genannt, in welchen der **Schornstein** oder die **Esse** D mündet. Eine Oeffnung in der Vorderplatte der Rauchkammer, verschließbar durch eine gut passende Thür, J Fig. 6,

ermöglicht den Zutritt zu den Mündungen der Siederöhren und einigen in der Rauchkammer liegenden Theilen der Locomotive.

Wird ein so eingerichteter Kessel bis zu der in Fig. 2 mit „Niedrigster Wasserstand" bezeichneten Linie mit Wasser gefüllt, so sind die fünf Wandungen der Feuerkiste und alle Siederöhren, also sämmtliche vom Feuer und von den heißen Gasen berührten Flächen von Wasser umspült.

Die Verbrennungserzeugnisse des auf dem Roste lagernden Brennstoffes, Stein- oder Braunkohle, Holz, Torf, belecken als Flamme zunächst die Wandungen der Feuerkiste, durchziehen dann als heiße Gase die Siederöhren und entweichen, von der Rauchkammer aufgenommen, durch den Schornstein in's Freie.

Der Locomotivkessel gehört zur Klasse der Röhrenkessel, welche durch die Gesammtinnenfläche der Siederöhren bei verhältnißmäßig kleiner Kesselanlage eine große vom Feuer berührte Fläche, **Heizfläche** genannt, haben, mit deren Größe die Dampferzeugung und damit die Leistung des Kessels wächst.

Auf den meisten Locomotiven befindet sich noch der erhöhte cylindrische Raum H, **Dampfhaube** oder **Dom;** er dient zum Ansammeln von (trockenem) Dampf, welcher von hier aus durch Röhren den Dampfcylindern zugeführt und in diesen nutzbar gemacht wird.

Der Schornstein des Locomotivkessels ist wegen seiner beschränkten Höhe nicht geeignet, den nöthigen Zug zur Anfachung des Feuers herzustellen; das lebhafte Nachströmen der Luft durch die Rostspalten in den Brennstoff wird unter Benutzung des in den Dampfcylindern gebrauchten Dampfes durch eine besondere Vorrichtung erreicht, welche wir später kennen lernen.

Der Locomotivkessel ist aus mehreren schmiedeeisernen und kupfernen oder auch gußstählernen Platten zusammengenietet und noch besonders durch innenliegende Verstrebungen und Versteifungen, **Anker** genannt, gegen den Dampfdruck gesichert. Die Wände der beiden Feuerkisten werden durch sogenannte **Stehbolzen** in einem unveränderlichen Abstande von einander gehalten.

Die sämmtlichen **Nebentheile** des Kessels, welche ihn erst zu einem sicheren Gebrauche tauglich machen, faßt man zusammen unter dem Namen **Armatur, Garnitur** oder **Garnirung**. Diese sind die **Probirhähne** p p p, Fig. 4, und **Wasserstandsgläser** w, Fig. 2 und 4, zur Beobachtung des Wasserstandes im Kessel; die **Dampfdruckmesser** O (auch **Manometer** genannt), Fig. 2 und 4, zur Beurtheilung der Höhe der Dampfspannung; die **Sicherheitsventile** V V, Fig. 2 und 5, als selbstthätige Vorrichtungen zur Verhütung eines gefährlichen Dampfüberdruckes, Vorrichtungen zur Speisung des Kessels, nämlich die **Druck-** und **Dampfstrahlpumpen** P, Fig. 5; eine Rohrleitung für den Dampf o o, Fig. 2 und 3, und q q, Fig. 4 und 5, bewegliche Klappen unter dem Roste s s, Fig. 4 und 5, und besondere (Blase-) Hähne x, Fig. 5, zur Regelung des Luftzuges; Hähne t, Fig. 5, und sonstige verschließbare Oeffnungen u u, Fig. 3, zum Füllen, Entleeren und Reinigen des Kessels; **Funkenfänger** zum Verhindern des brandgefährlichen Funkenauswurfes, die **Dampfpfeife** P′, Fig. 2, 4 und 5, um hörbare Signale geben zu können u. s. w.

Diese Theile, wenngleich Nebentheile des Kessels genannt, sind mehr oder weniger so wichtig, daß ohne sie ein Kessel ohne Gefahr nicht in Betrieb genommen werden könnte. Die wichtigeren sind nach Anzahl und Einrichtung gesetzlich vorgeschrieben.

Hiernach zerfällt der Locomotivkessel wieder in zwei Theile, nämlich:

I. Der Kessel (im engeren Sinne).

II. Die Armatur.

I. Der Locomotivkessel.

1. Allgemeines.

Dampfkessel überhaupt werden aus Kupfer, Gußstahl, Flußeisen oder aus Schmiedeeisen hergestellt.*) Kupferne Dampfkessel finden sich selten; sie sind vier- bis fünfmal so theuer wie schmiedeeiserne, leiten jedoch die Wärme rascher und besser. Die Wandungen eines Kupferkessels müssen für dieselben Abmessungen des Kessels und bei der gleichen Dampfspannung ebenso stark wie bei Schmiedeeisen sein. Da sich die Gewichte von Schmiedeeisen und Kupfer wie 77 : 90 verhalten, so ist ein Kessel von Kupfer 17 % schwerer als ein gleich großer von Schmiedeeisen.

Dampfkessel von Gußstahlblechen treten in neuerer Zeit auf. Erfahrungsmäßig setzt sich auf Stahlblechen der Kesselstein weniger leicht und fest an, was für Locomotivkessel wegen der Unzugänglichkeit der Kesselwände von Bedeutung ist. Es erklärt sich das wohl durch das festere Gefüge und die glattere Oberfläche des Stahles, an welcher der Schlamm weniger haftet. Auch dem Rosten widersteht der Stahl des größeren Kohlenstoffgehaltes wegen besser. Die Wandstärke braucht der größeren Festigkeit des Stahles wegen nur etwa $^3/_5$ von der des schmiedeeisernen Kessels zu sein und fällt, da Stahl und Schmiedeeisen annähernd gleich schwer sind, ein Gußstahlkessel um $^2/_5 = 40\,\%$ leichter aus, als der gleich große Kessel von Schmiedeeisen. Ferner ist bei den dünneren Gußstahlplatten die

*) Anmerkung. Vergl. „Der äußere Eisenbahnbetrieb", Verlag von J. F. Bergmann in Wiesbaden, III. Band, Seite 43.

Sicherheit größer, daß sich im Innern keine ungesunden Stellen befinden.

Trotz der aufgeführten Vortheile werden Locomotivstahlkessel nur wenig gebaut, da dieselben bei der Bearbeitung oder im Gebrauche leicht Sprünge und feine Risse bekommen. Flußeisen scheint sich nach neueren Erfahrungen gut für Locomotivkessel zu bewähren und findet für dieselben immer mehr und mehr Eingang.

Gußeisen hat sich für Dampfkesselwände nicht bewährt. Die geringere Festigkeit desselben bedingt dickere Wände, durch die das Wärmeleitungsvermögen abnimmt, so daß für dieselbe Dampfmenge mehr Brennstoff erforderlich ist; dabei ist ein gußeiserner Kessel bedeutend schwerer. Wegen ihrer schrecklichen, bombenartigen Wirkung bei eintretender Explosion sind gußeiserne Kessel ganz verboten, mit Ausnahme solcher, deren lichte Weite bei cylindrischer Gestalt 25 cm und bei Kugelgestalt 30 cm nicht übersteigt.

Auch Messingbleche haben sich für Dampfkessel als untauglich erwiesen und sind deshalb, mit Ausnahme von Siederöhren bis zu 10 cm lichter Weite, ebenfalls verboten.

Die Locomotivkessel sind, abgesehen von wenigen Gußstahlkesseln, aus schmiedeeisernen oder flußeisernen Platten hergestellt, nur die innere Feuerkiste besteht in den allermeisten Fällen aus Kupfer. In der Form weichen die Locomotivkessel, abgesehen von den sogenannten ankerlosen Kesseln, nicht wesentlich von einander ab. Hauptunterschiede finden sich in der Gestalt des Feuerbuchsmantels und in neuerer Zeit auch in der Form der inneren Feuerkiste.

Der Feuerbuchsmantel ist entweder im oberen Theile halbcylindrisch und bildet die Verlängerung des Langkessels, oder er überragt diesen um etwa 20 cm, Fig. 1—5, Taf. I und II, oder auch bedeutend in Form eines Domes. Neuerdings wird die Decke des Mantels vielfach ganz in derselben Form wie die des inneren Feuerkastens, nämlich oben flach gemacht. Durch Ueberbauung des Mantels wird ein größerer Dampfraum für Ansammlung von trockenem

Dampfe hergestellt, und kann durch dieselbe auch die Belastung der Hinterachse der Locomotive geregelt werden.

Eine Locomotive hat vier, sechs oder mehr Räder. Zwei gegenüberstehende Räder mit der zugehörigen Welle nennt man kurzweg eine Achse und unterscheidet bei sechsräderigen Locomotiven Vorder-, Mittel- und Hinterachse.

Die innere Feuerbuchse ist ein unten offener, aus fünf geraden Wänden bestehender Kasten, welcher in der äußeren Feuerbuchse steckt. In jüngster Zeit hat man jedoch zu inneren Feuerkisten auch Wellbleche verwendet und denselben eine andere Form gegeben, worauf wir noch bei dem Abschnitte „Die Verankerung" zurückkommen.

Die Dampfhaube, welche auf manchen Locomotiven ganz fehlt, steht vorn oder mehr nach der Mitte. Für die Ansammlung trockenen Dampfes ist die vordere Stellung zweckmäßig, weil hier die Dampfentwickelung am ruhigsten vor sich geht, behufs guter Gewichtsvertheilung auf die einzelnen Achsen muß jedoch der Dom oft mehr nach der Mitte gerückt werden.

Für den Langkessel wird allgemein die Kreisform empfohlen, da der Cylinder dem Dampfdruck nach allen Querrichtungen gleich großen Widerstand leistet und besondere Queranker zur Verstärkung nicht erfordert.

Die Größe des Locomotivkessels, also namentlich die Abmessungen der Feuerkisten, der Durchmesser und die Länge des Langkessels, ist in gewissen Grenzen von dem Erbauer der Locomotive abhängig und richtet sich nach der beabsichtigten Leistung, insofern die in der Zeiteinheit entwickelte Dampfmenge mit der Größe der feuerberührten Fläche wächst; da jedoch das ganze Gewicht einer Locomotive nur so groß sein darf, daß ein Rad mit höchstens 7000 kg*) auf die Schiene drückt, so ist mittelbar hierdurch auch die Größe des Kessels begrenzt. Außerdem werden durch einige einmal feststehende Maße

*) Anmerkung. Stellenweise kommen in neuerer Zeit unter gleichzeitiger Anwendung eines verstärkten Oberbaues auch höhere Radbelastungen zur Anwendung.

des ganzen Eisenbahnwesens, welche, wenn ursprünglich auch vielleicht nicht ganz passend gewählt, nicht mehr geändert werden können, verschiedene Abmessungen der Locomotive in bestimmten Grenzen gehalten, z. B. die Breite durch das übliche Spurmaß der Schienen und durch die Entfernung zweier benachbarter Gleise. Soll auch die Kreisform des Langkessels beibehalten und sollen durch eine möglichst tiefe Lage desselben störende Bewegungen im Gange der Maschine gemindert werden, so kann auch der Durchmesser nicht in weiten Grenzen liegen. Der höchste Punkt der Locomotive darf wegen der Tunnels, Uebergänge ꝛc. höchstens 4,570 m über der Schienenoberkante liegen.

Bei der Wahl der Größe des Feuerkastens ist Rücksicht darauf zu nehmen, daß der Rost über die ganze Länge ohne große Schwierigkeit durch die Feuerthür mit Brennstoff beschickt werden kann. Von einer Verlängerung des Langkessels über 3 bis 4,5 m wird nicht ungern abgesehen, weil die dadurch gewonnene Heizfläche der Sieberöhren, wegen zu weiter Entfernung vom Feuerherde, von keinem besonderen Werthe ist; auch nehmen mit der Länge der Röhren die Reibungswiderstände der heißen Gase zu, in Folge dessen das Durchströmen dieser und das Nachströmen der frischen Luft minder lebhaft vor sich geht.

Die Erzielung eines dennoch hinreichenden Luftzuges erfordert Verengung der Ausflußöffnung für den gebrauchten Dampf, deren Nachtheile wir später kennen lernen.

Die ganze Länge der Locomotive ist beschränkt durch den Radstand*). Verstehen wir unter diesem die Entfernung der Mittelpunkte der äußeren Räder einer Locomotive (ohne Tender), so darf der feste Radstand ein bestimmtes Verhältniß zu dem kleinsten Halbmesser derjenigen Bahnkrümmungen nicht überschreiten, welche mit der betreffenden Locomotive zu durchfahren sind, und zwar um den

---

*) Siehe Tafel 1. Fig. 2.

sicheren und ruhigen Gang der Locomotive in diesen Krümmungen nicht zu beeinträchtigen.

Die Hinterachse liegt bei Personenzuglocomotiven, um bei der großen Geschwindigkeit starken Schwankungen vorzubeugen, gewöhnlich hinter der Feuerbuchse und sind deshalb die Kessel dieser Locomotiven in der Regel kürzer, als die der langsamer fahrenden Lastzugmaschinen, bei welchen die Hinterachse vor der Feuerkiste zu liegen pflegt.

Die Wandstärke des Kessels muß mit der Dampfspannung und dem Durchmesser wachsen, man geht damit jedoch nicht gern über 15 bis 18 mm hinaus, weil bei stärkeren Blechen sich leicht im Innern schlechte, an der Oberfläche nicht sichtbare Stellen befinden, welche gefährlich sind. Bei den bis dahin üblichen Abmessungen der Kessel und einer nur selten überschrittenen Dampfspannung von 12 Atmosphären hat sich jenes Maß für Schmiedeeisen als hinlänglich stark erwiesen.

Je nach seiner Größe und Form wird der Locomotivkessel aus mehr oder weniger Platten zusammengesetzt. Die Verbindung geschieht durch eiserne oder kupferne Niete; letztere werden jedoch nur an denjenigen Stellen häufig angewendet, wo die Köpfe der unmittelbaren Einwirkung des Feuers ausgesetzt sind, also bei den Blechen der inneren Feuerkiste.

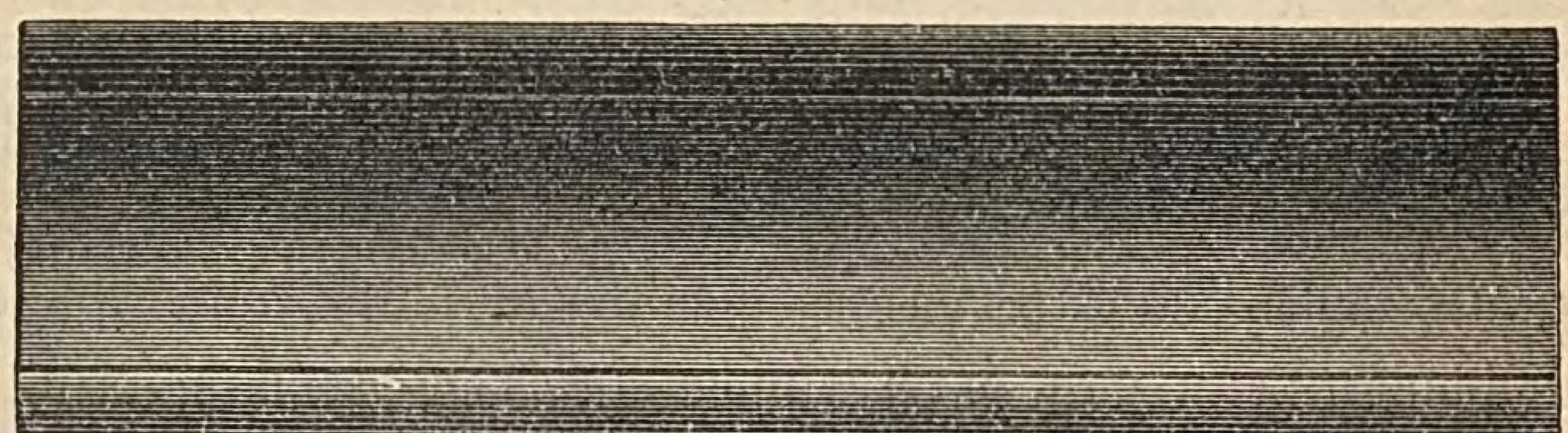
Die Bleche unter einander und die aus diesen hergestellten einzelnen Stücke werden, von einer noch wenig üblichen Schweißung der Bleche abgesehen, zum Ganzen entweder unmittelbar durch Auf-, An- und Uebereinandernieten oder durch Einschaltung von Zwischenstücken, als Winkeleisen, Schienen, Rahmen, cylinderischen Bändern &c. verbunden. Die Anforderungen an die Vernietung eines Dampfkessels verlangen sowohl eine genügende Festigkeit gegen den zulässigen Dampfdruck, als auch eine dampf- und wasserdichte Fuge. Die Nietlöcher sollen gebohrt und nicht mit der Lochstoßmaschine ausgepreßt sein; mindestens müssen zwei zusammengehörende Löcher zugleich ausgerieben werden, damit sie ganz genau denselben Durchmesser bekommen. Die Niete aus dem zähesten Eisen müssen kalt die Löcher schon ganz gut aus-

füllen. Das Einziehen geschieht in weißwarmem Zustande. Der Setzkopf wird mit einer Winde oder einem Hebel stark angepreßt, der Schließkopf mit Handhämmern angestaucht und demselben alsdann durch Aufsetzen des Putzenhammers und kräftiges Aufschlagen mit Vorschlaghämmern eine gefällige, meist halbrunde Form gegeben. Nach dem Erkalten ist durch Aufschlagen mit dem Hammer zu untersuchen, ob das Niet prellt; ist es mangelhaft eingezogen, so darf nicht kalt nachgehämmert, sondern es muß herausgeschlagen und neu eingezogen werden. Die Köpfe werden ringsum verstemmt, ebenso die übergreifenden Bleche. Letztere werden abgeschrägt, damit mit dem Stemmeisen mehr Fleisch gefaßt und das Eisen an die anliegende Platte gepreßt werden kann.

2. Der Langkessel.

Fig. 1 zeigt den cylinderischen Theil (den Langkessel) eines älteren Locomotivkessels. Er besteht aus vier durchgehenden Platten mit einfacher Nietreihe. Er hat vier Längsnähte parallel der Kesselachse, keine Quernähte.

Fig. 1.



Langkessel mit durchgehenden Platten.

Dampfkessel mit durchgehenden Platten werden nicht mehr gebaut, und zwar aus folgendem Grunde:

Bei dem Bersten eines Kessels reißen die Bleche der Länge und nicht der Quere nach, weil ein cylindrischer Kessel nach der Achsenrichtung eine größere Widerstandsfähigkeit hat als nach der Querrichtung.

Da nun, wie Versuche bewiesen, eine Platte P, Fig. 2, nach der Walzrichtung a b, in welcher die Walzfasern laufen, eine größere Widerstandsfähigkeit hat als nach der darauf senkrechten Richtung c d, so biegt man die Bleche so zu einem Cylinder, daß die Walzfasern um den Kessel herumlaufen, also die Walzrichtung a b senkrecht zur Kesselachse steht, Fig. 3. So ist der Kessel, bei überall gleicher Wandstärke, nach der dem Dampfdrucke am wenigsten Widerstand bietenden Richtung hin verstärkt. Die Walzen haben nur eine beschränkte Länge und können deshalb die Bleche nie so breit wie der Langkessel lang, gewalzt werden, weshalb man diesen, aus 2, 3 und mehr einzelnen Cylindern (Schüsse oder Ringe genannt) zusammensetzt. Es hält überhaupt schwer, große, in ihrer ganzen Ausdehnung gleichgesunde Bleche herzustellen, zumal, wenn sie eine Stärke bis zu 18 mm haben müssen; es wird daher bei Kesseln größeren Umfanges auch noch jeder Schuß häufig aus mehr als einer Platte gefertigt.

Fig. 2.

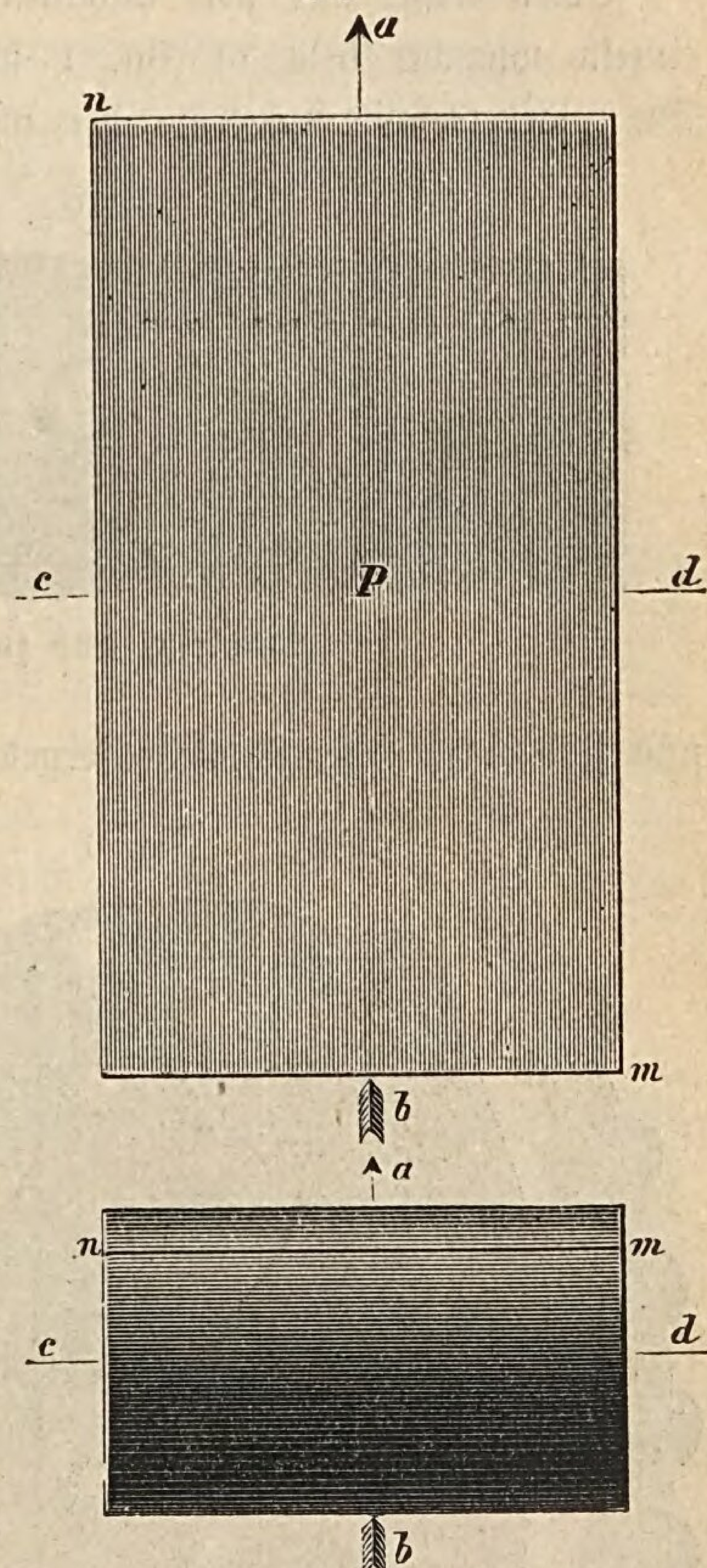


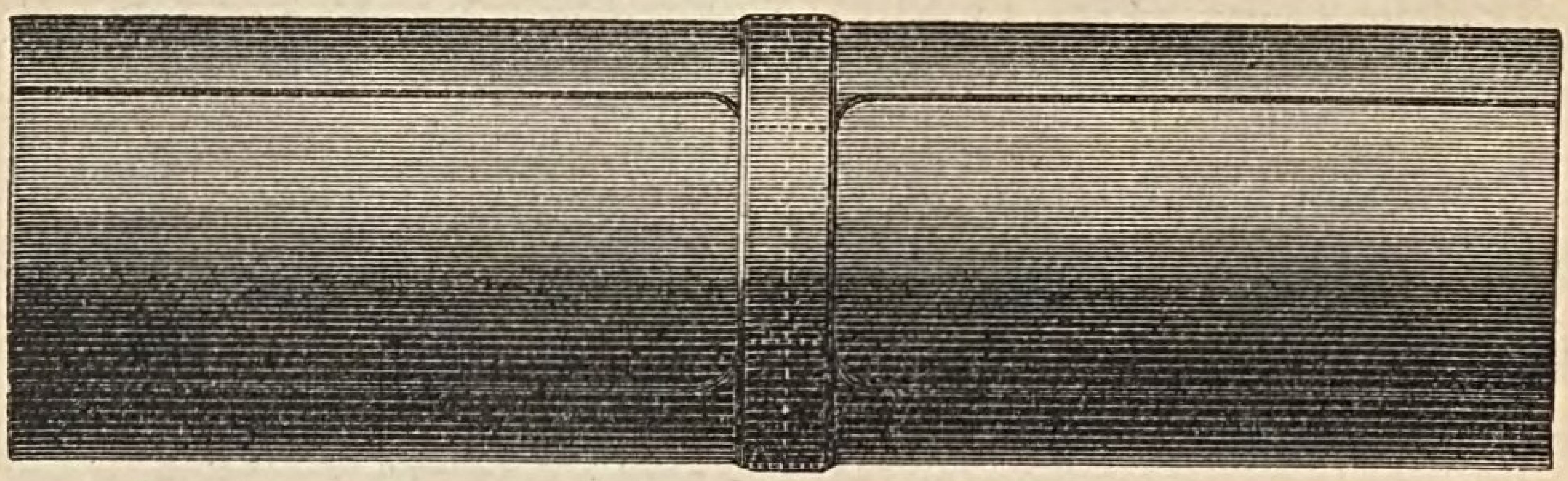
Fig. 3.

Die neuesten Kesseln haben in den Längs- und meistens auch an den Quernähten eine doppelte Nietreihe. Niete werden nicht in den

tiefsten Punkt des Kessels gelegt, wo sie das Ansetzen des Kesselsteins und, wenn beim Entleeren Wasser im Kessel zurückbleibt, das Rosten begünstigen.

Einen Kessel aus zwei Schüssen, jeder aus vier Platten, welche einzeln wie bei dem in Fig. 1 übereinandergreifen, zeigt Fig. 4. Die beiden Schüsse stoßen mit den glatten Enden stumpf vor einander

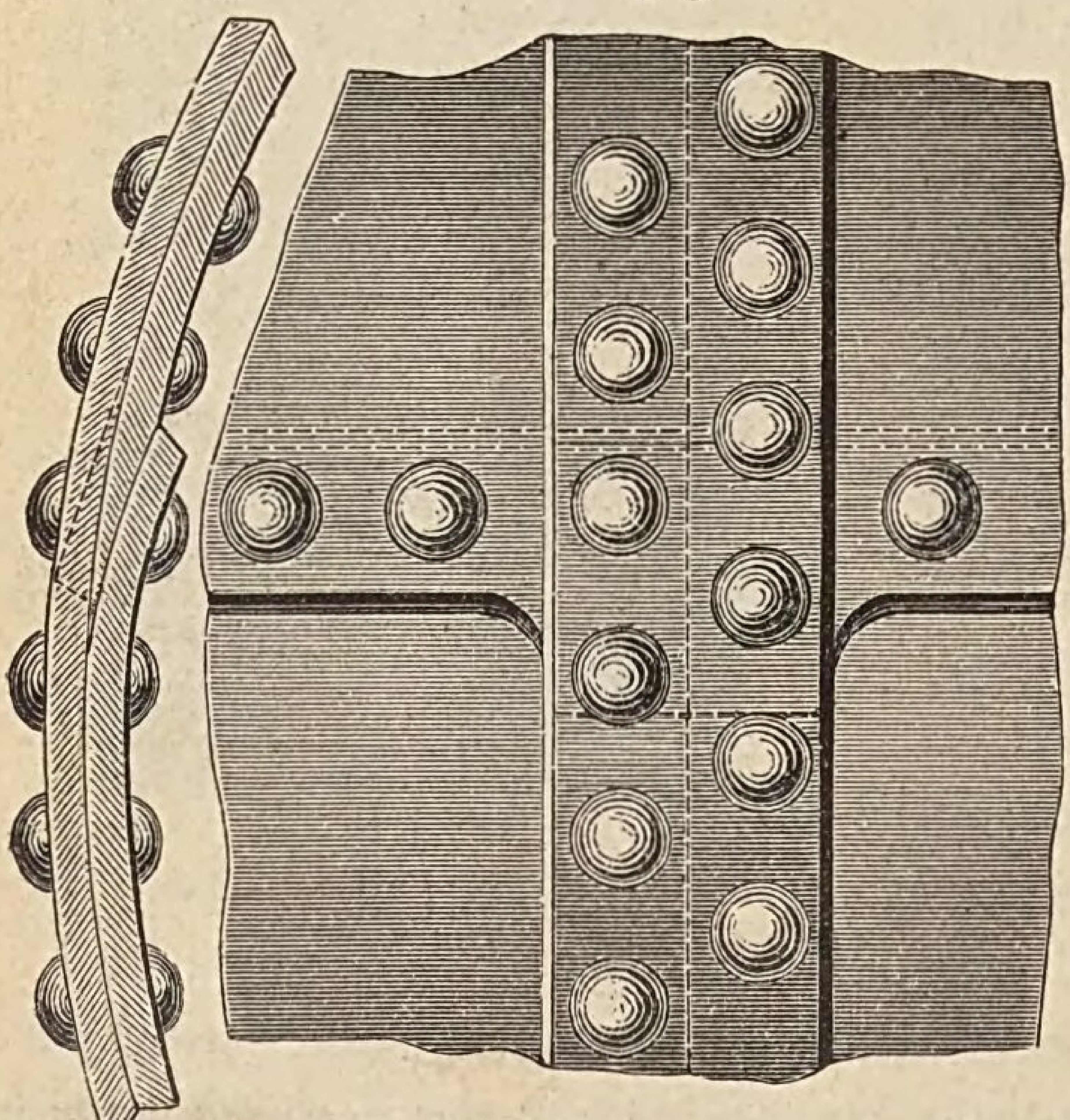
Fig. 4.



Langkessel aus zwei Schüssen.

und sind durch einen schmiedeeisernen Ring von etwa 180 mm Breite mittelst vierfacher Nietung verbunden. So weit der Ring übergreift werden die Ueberplattungen zugeschärft, um die äußere Kreisform genauer herzustellen, wodurch die Dichtung unter dem Bande besser erreicht wird. Die Fig. 5 und 6 zeigen dieses in einem größeren Maßstabe.

Fig. 5. Fig. 6.

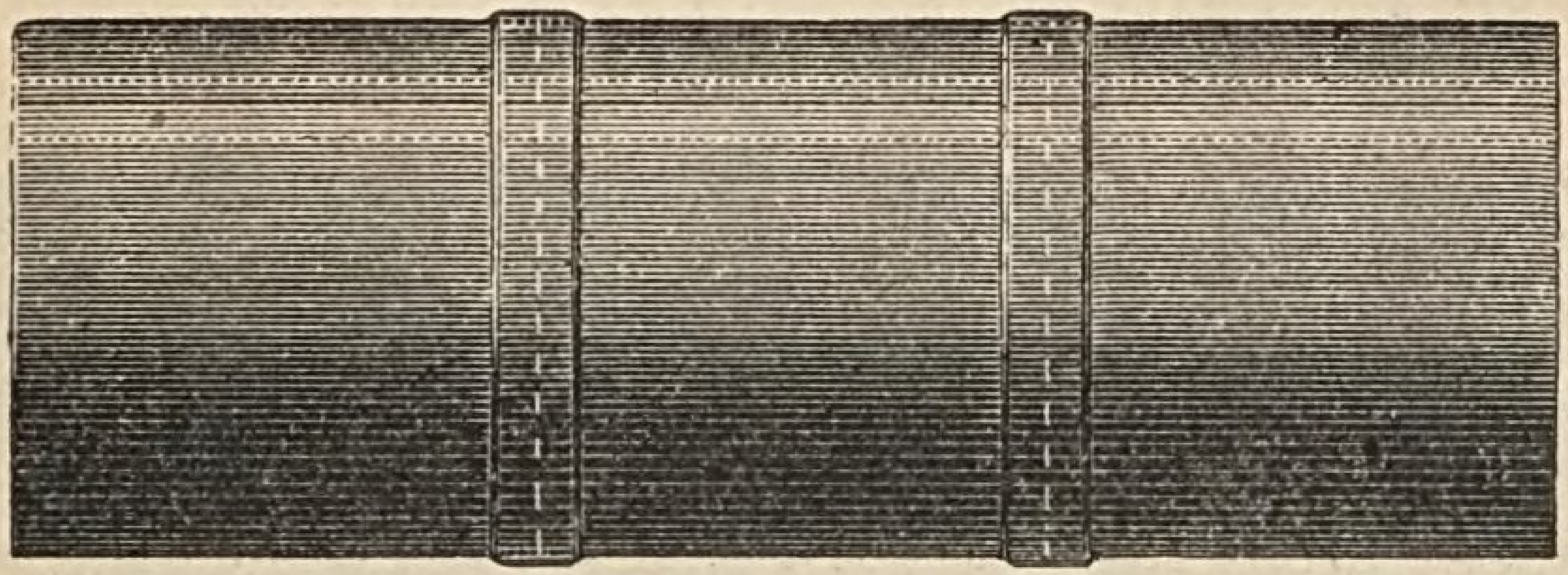


Kesselverankerung. *(1:5)*

Fig. 7 zeigt einen Kessel aus drei Schüssen, mit übergelegten

Ringen. Jeder Ring besteht aus nur einer Platte, deren abgehobelte und stumpf voreinanderstoßende Enden durch eine untergelegte Schiene

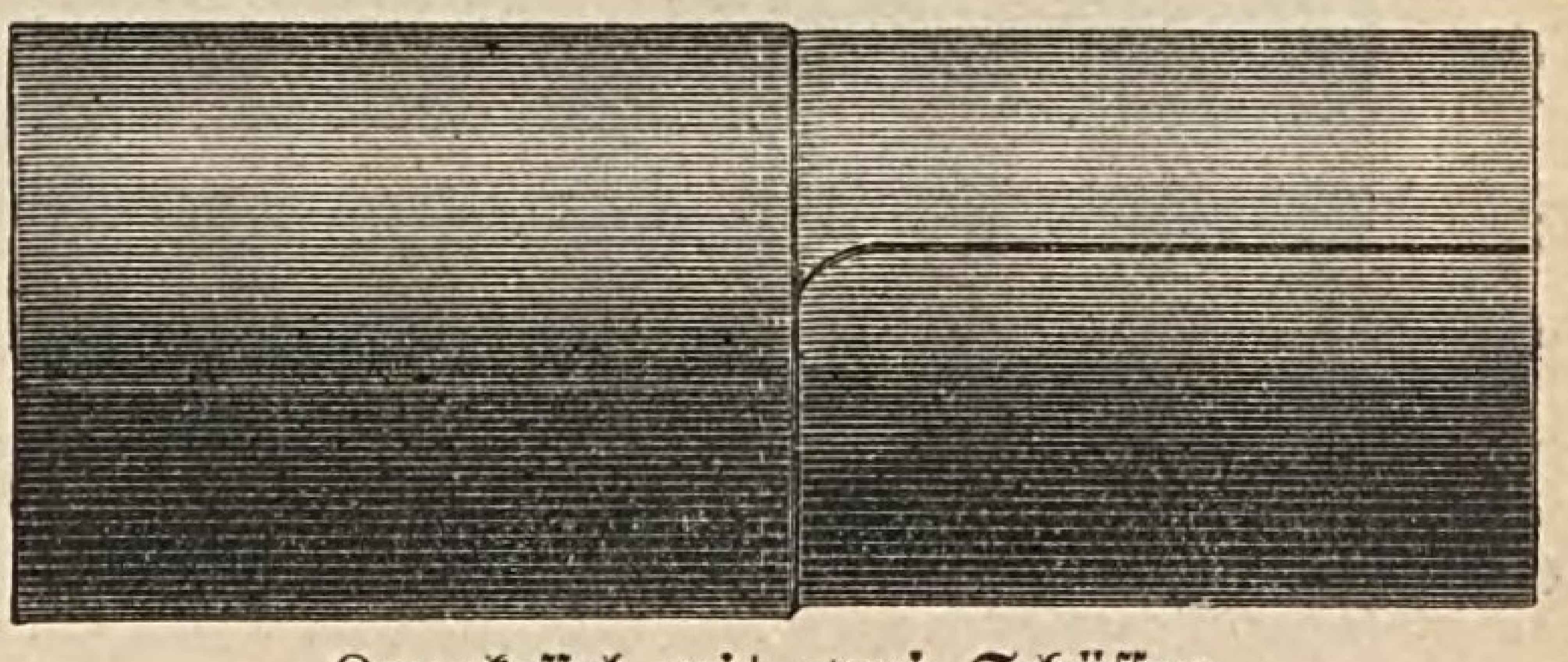
Fig. 7.



Langkessel mit drei Schüssen.

(punktirt) mittelst Nietung verbunden sind. Bei dem Wegfall der Ueberplattung läßt sich die äußere Kreisform genau herstellen. Werden die äußeren Enden abgedreht und wird ein ausgedrehter Ring in angewärmtem Zustande übergelegt, so erhält man eine sehr dichte Querfuge; die Längsnaht dagegen fällt nicht so gut aus, da sie, undicht geworden, von Außen schlecht zu verstemmen ist, man sichert sie deshalb oft noch durch ein außen aufgelegtes Flacheisen.

Fig. 8.



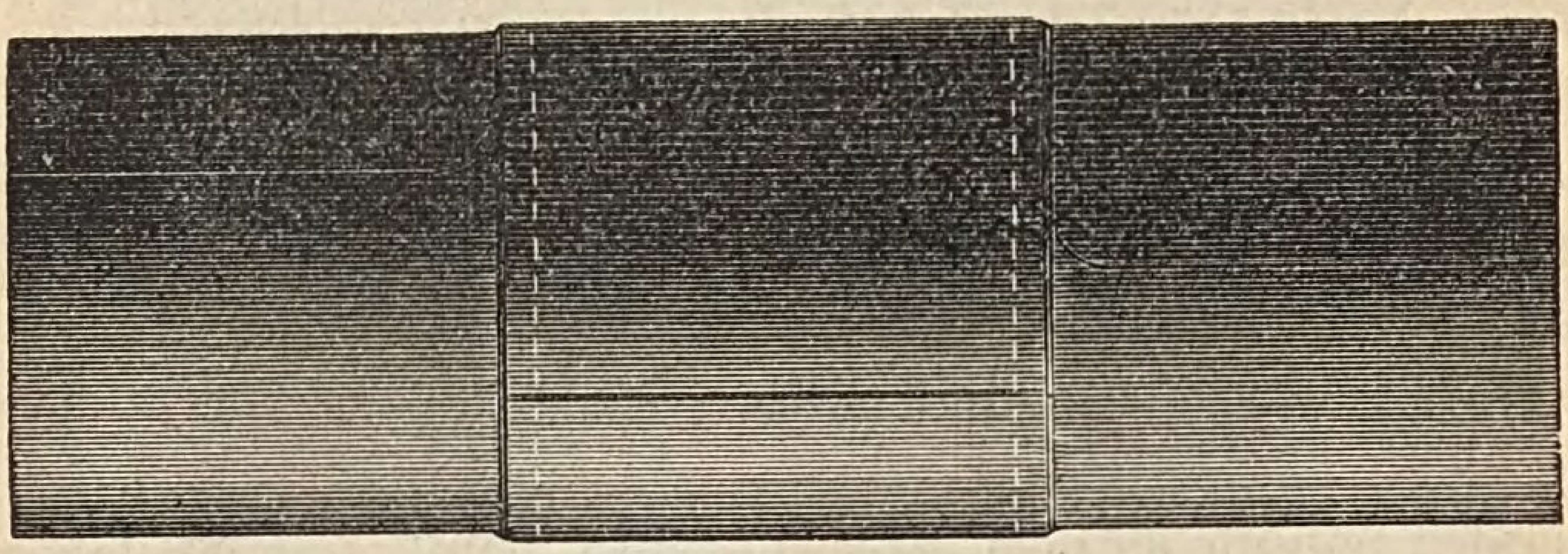
Langkessel mit zwei Schüssen.

Die in den Fig. 1, 4 und 7 dargestellten Kessel haben in ihrer ganzen Länge einen gleich großen Querschnitt. Wenn dagegen die einzelnen Schüsse übereinandergreifen, also auch unter sich durch Ueberplattung verbunden sind, ist dieses nicht der Fall. Fig. 8 zeigt einen solchen Kessel aus 2 Schüssen, deren jeder aus 2 Platten besteht. Die Längsnähte sind etwas gegen einander versetzt, da sonst an der Verbindung der beiden Schüsse 4 Bleche übereinandergreifen würden, was die Dichtung erschwert.

Auch hier läßt man, so weit die Ringe ineinandergeschoben sind, die zugeschärften Ueberplattungen weiter übergreifen.

Einen Kessel aus drei Schüssen, einzeln in derselben Weise wie bei dem vorigen verbunden, versinnlicht Fig. 9.

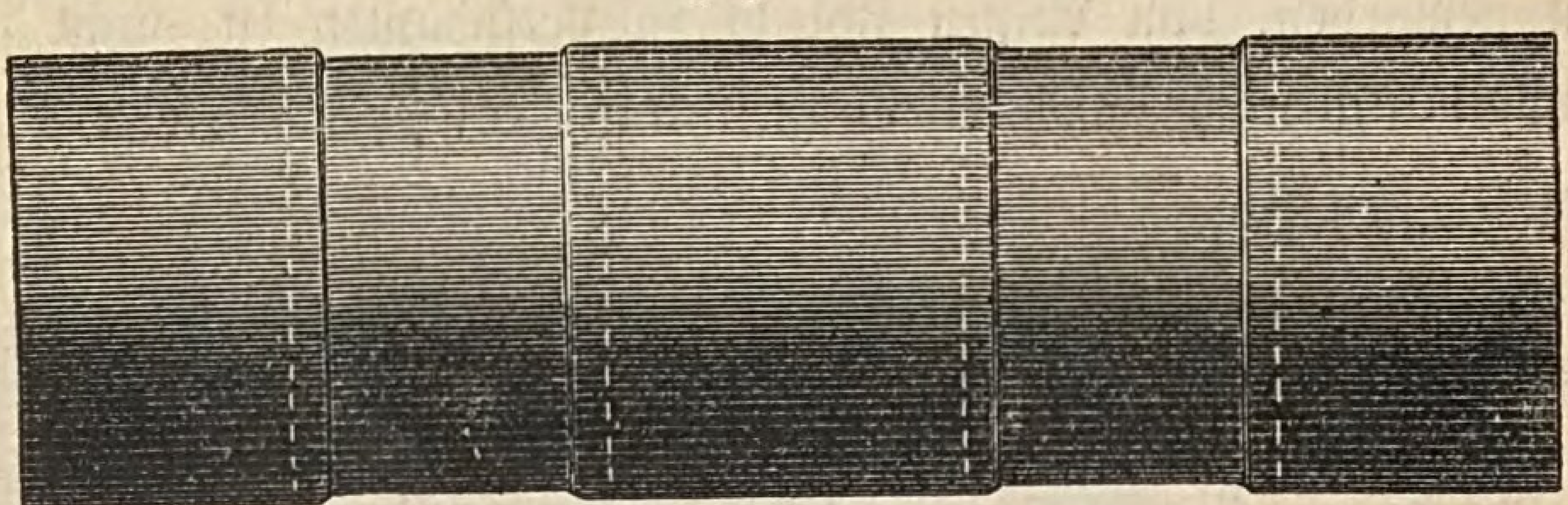
Fig. 9.



Langkessel mit drei Schüssen.

Fig. 10 zeigt einen Kessel aus fünf Schüssen. Der mittlere ist zur Aufnahme des Domes länger als die vier äußeren.

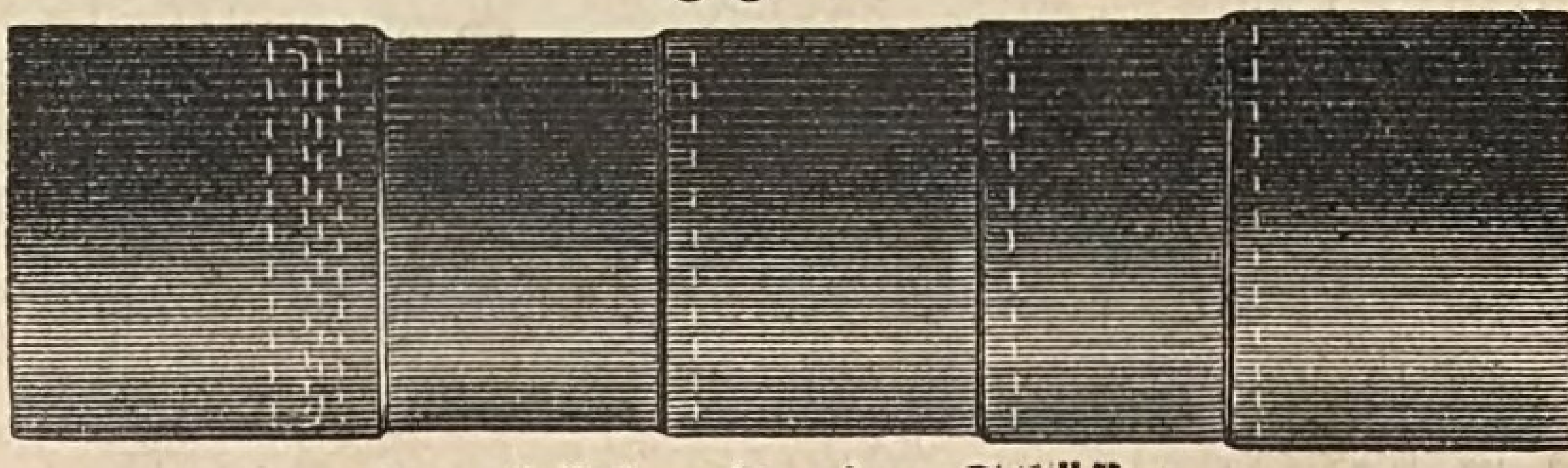
Fig. 10.



Langkessel mit fünf Schüssen.

Bei dem der Fig. 11 greifen die Schüsse fernrohrartig über einander und der vorderste wird ohne Verbindungsstück von der kreis=

Fig. 11.

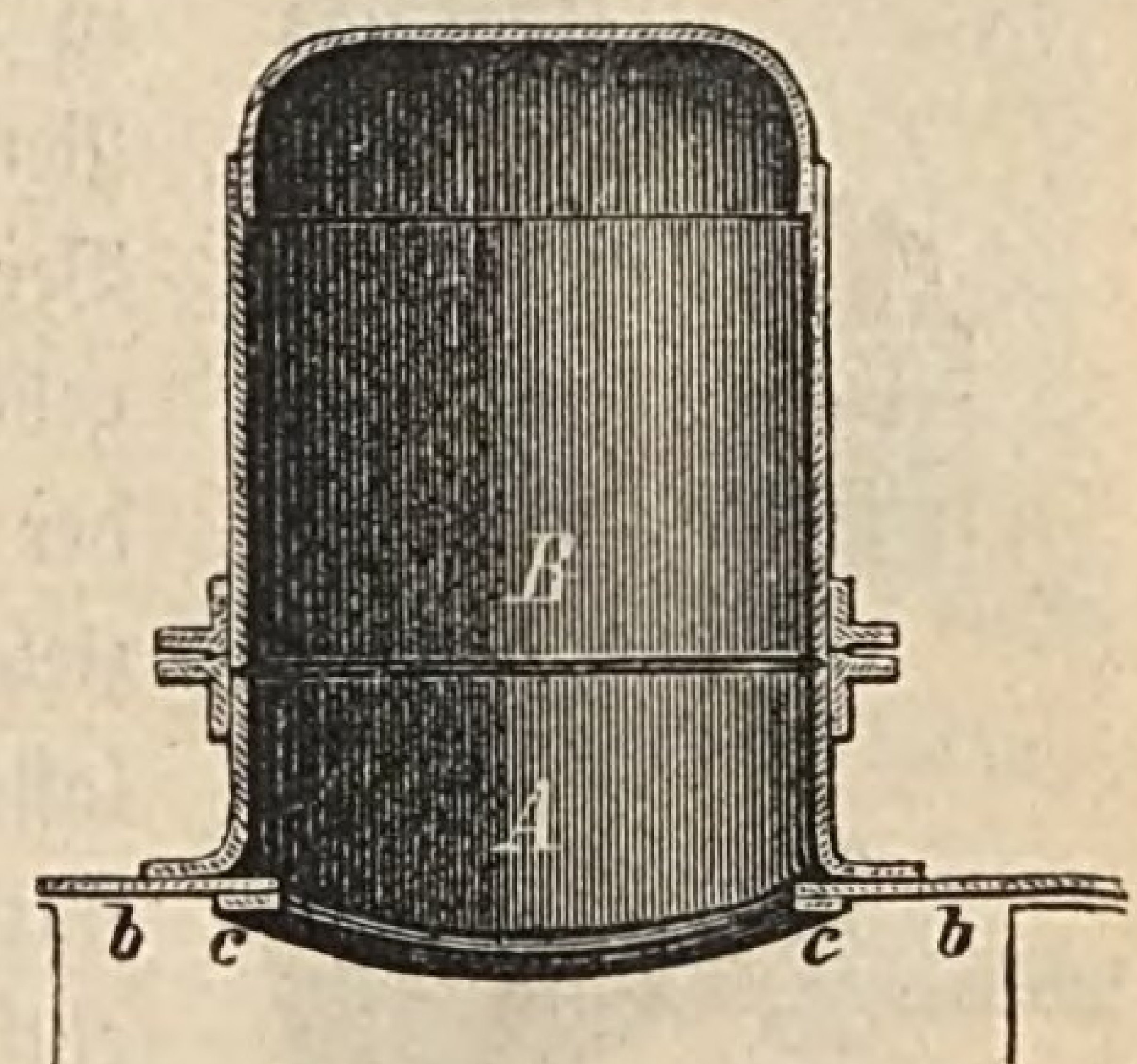


Langkessel mit vier Schüssen.

runden Rauchkammer umfaßt, in welcher die ringsum mit einem Flantsch versehene Rohrwand vernietet ist.

Der Dampfdom ist cylindrisch, hat etwa 1 m Höhe und etwa den vierfachen Inhalt eines Dampfcylinders, Fig. 12. Er ist zweitheilig. Der untere Theil A ist auf den Langkessel festgenietet und der obere B mit dem unteren durch eine Reihe von Schrauben dampfdicht verbunden. In dem Dome liegt der Regulator z', Fig. 2, Taf. 1, welcher durch Abnahme des oberen Theiles des Domes frei gelegt wird, wenn er ausgebessert oder nachgesehen werden soll; auch kann der Kessel durch die so entstehende Oeffnung bestiegen werden.

Fig. 12.



Dampfdom.

Der Regulator ist die mit einem Schieber versehene Mündung der Dampfleitung (z', Fig. 2, Taf. 1), durch welche man den Abfluß des Dampfes nach den Dampfcylindern regelt.

Man stellt die dampfdichte Verbindung der beiden Theile des Domes in der Weise her, daß zwischen die umgenieteten und abgedrehten Winkelkränze dünnes Messing- oder Eisendrahtgeflecht mit einer dünnen Schicht Mennigkitt gelegt wird und dann die beiden Flantschen durch Schrauben fest angezogen werden.

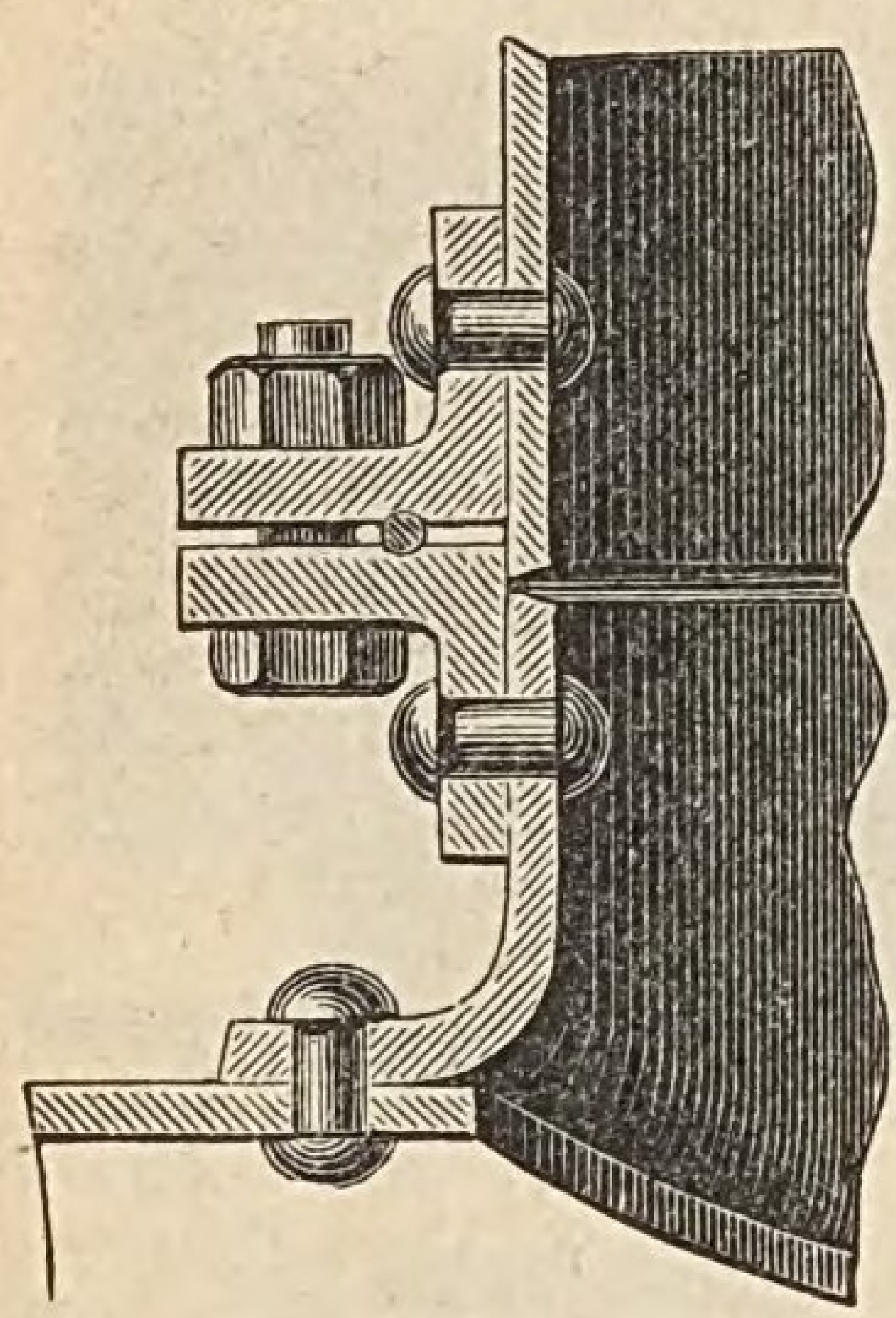
Mennigkitt besteht aus etwa 1/3 Bleiweiß und 2/3 Mennige, welche unter Zusatz von wenig Leinöl durch Aufklopfen mit dem Hammer zu einem festen Kitte verarbeitet sind. Die Materialien zusammengenommen, durch welche die Dichtung hergestellt wird, werden Verpackung genannt.

Man muß die Schrauben nachziehen, sobald nach dem Anheizen der Maschine der Dom erwärmt ist, und dieses wiederholen, wenn die Dichtung schon einmal die höchste Dampfspannung ausgehalten hat. Werden so gedichtete Flantschen mit der Zeit undicht und ist das Nachziehen der Schrauben wegen völliger Verhärtung des Dichtungsmaterials nicht mehr möglich, so können ganze Stücke der Verpackung

herausgeblasen werden, wodurch so viel Dampf entweicht, daß der Locomotivführer die Fahrt einstellen muß.

Eine andere Dichtung zeigt Fig. 13. Jeder Flantsch hat ringsum eine eingedrehte Nute, in welche ein runder weicher Kupferdraht gelegt wird. Beim Anziehen der nahe bei einander sitzenden Schrauben preßt sich dieser in die Nuten und bewirkt so den dichten Verschluß. Eine solche Dichtung kann kaum Veranlassung zur Einstellung der Fahrt geben, weil undichte Stellen durch Antreiben der Flantschen mit dem Hammer und Anziehen der Muttern sich wieder dichten lassen. Auch bei dieser Dichtungsweise sind starke Flantschen und geringe Schraubenentfernung erforderlich.

Fig. 13. *(1:8)*



Dampfdom-Dichtung.

Anstatt der einen größeren Nute findet man auch mehrere kleinere neben einander, in die eine mit Mennigkitt zubereitete Hanfkordel auf eine dünne Lage desselben Kittes gelegt ist. Diese Verpackung hat jedoch denselben Uebelstand wie die erste Art. Außerdem leiden die Flantschen bei Entfernung alten Dichtungsmateriales, das fest in den Nuten sitzt. Die Flächen werden mit der Zeit rauher und machen die Dichtung immer schwieriger.

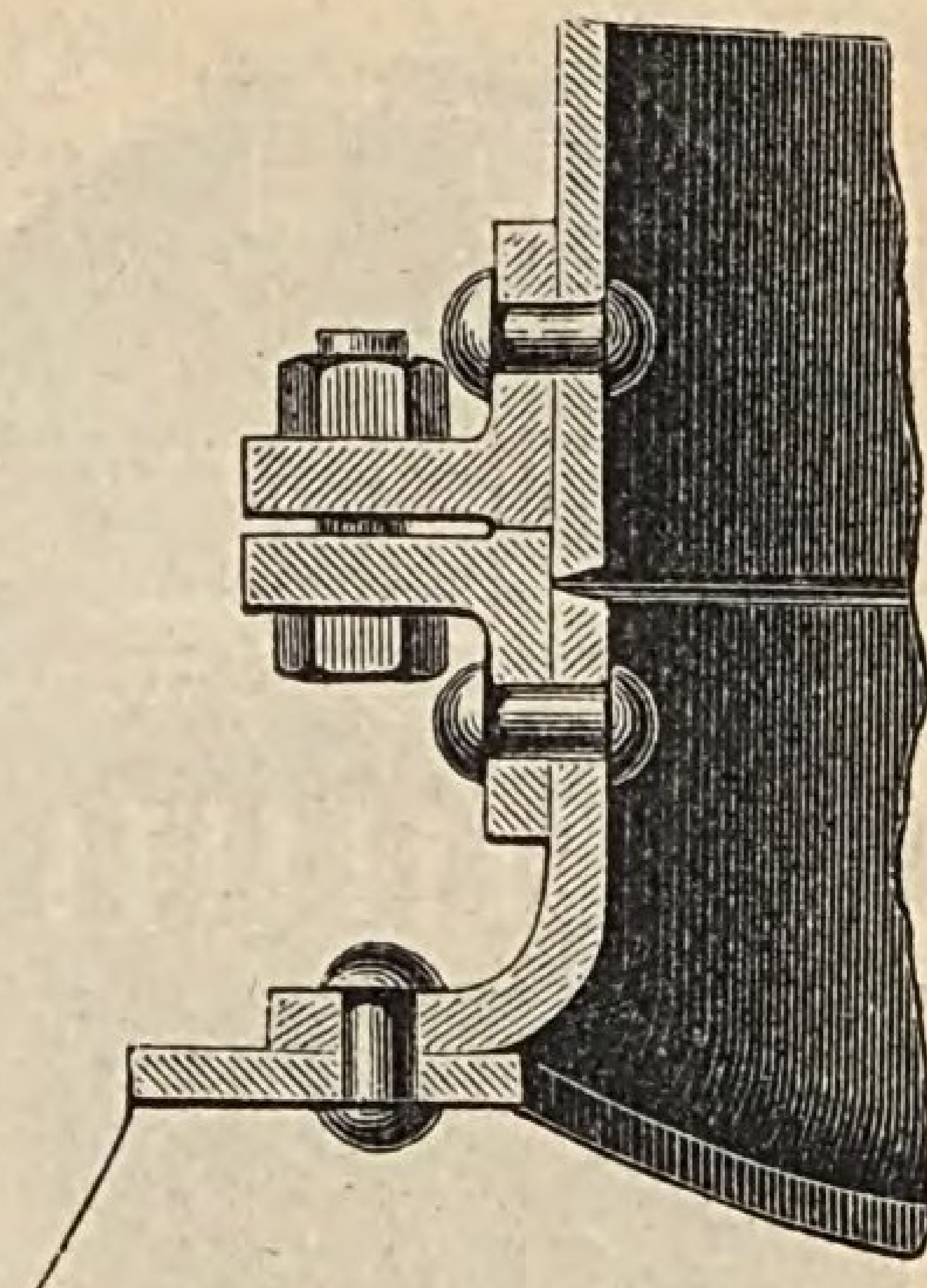
Auch Kautschuk eignet sich zum Dichten solcher Flächen, und zwar muß es, wenn dieselben noch glatt und eben sind, dünn, dagegen dicker sein, wenn die Flächen bereits rauh und windschief sind. Kautschuk verhärtet langsam, es lassen sich deshalb die damit gedichteten Flächen am längsten nachziehen. Wird dieses nicht versäumt, so kann mit Kautschuk eine dauerhafte und wenig zeitraubende Dichtung hergestellt werden. Endlich kommen auch noch flache Ringe und Schnüre von Asbest zur Verwendung.

Die neuesten und anscheinend besten Dichtungen werden aus Asbest mit Kupfereinlage oder aus Asbest mit Kupferumhüllung hergestellt.

Man läßt auch den oberen Theil des Domes etwas in den unteren eingreifen, so daß er in demselben gedreht werden kann, Fig. 14. Beide Flantschen haben einen etwas vorstehenden Rand und können so die beiden Theile des Domes aufeinander aufgeschliffen werden und bedarf es keines besonderen Dichtungsmateriales.

Die Stellung der Dampfhaube wurde bereits besprochen.

Fig. 14. *(1:8)*



Dampfdom-Dichtung.

3. Die Feuerkisten.

Ein Feuerbuchsmantel, welcher den Langkessel bedeutend in Form eines Domes überragt, gehört in den meisten Fällen einer schon älteren Locomotive an.

Der Zweck der Ueberbauung ist die Gewinnung eines größeren Dampfraumes, welcher den mit Wassertheilen gemischten Dampf vor seiner Abführung zu den Dampfcylindern aufnimmt; derselbe kommt einige Zeit zur Ruhe und läßt das mitgerissene Wasser in den Kessel zurückfallen. Seitdem es gelungen ist, das Wasser auf andere Weise von der Dampfleitung abzuhalten, sind die erhöhten Feuerbuchsmäntel seltener, mit ihrem Verschwinden die Kessel leichter und beim Fahren die Schwankungen geringer geworden; auch hat man an Kesselblech gespart, und durch neuere Anordnungen der äußeren Feuerkisten ist eine größere Festigkeit erreicht.

In den Fig. 15 und 16 ist eine solche ältere Feuerkiste gezeichnet.

Um Wiederholung zu vermeiden, führen wir hier Manches vor, was den Feuerkisten aller Locomotivkessel gemein ist.

Die Feuerkiste steckt in dem Feuerbuchsmantel und zwar so, daß zwischen den Wandungen ein Raum von etwa 70 mm zur Aufnahme

Fig. 15.

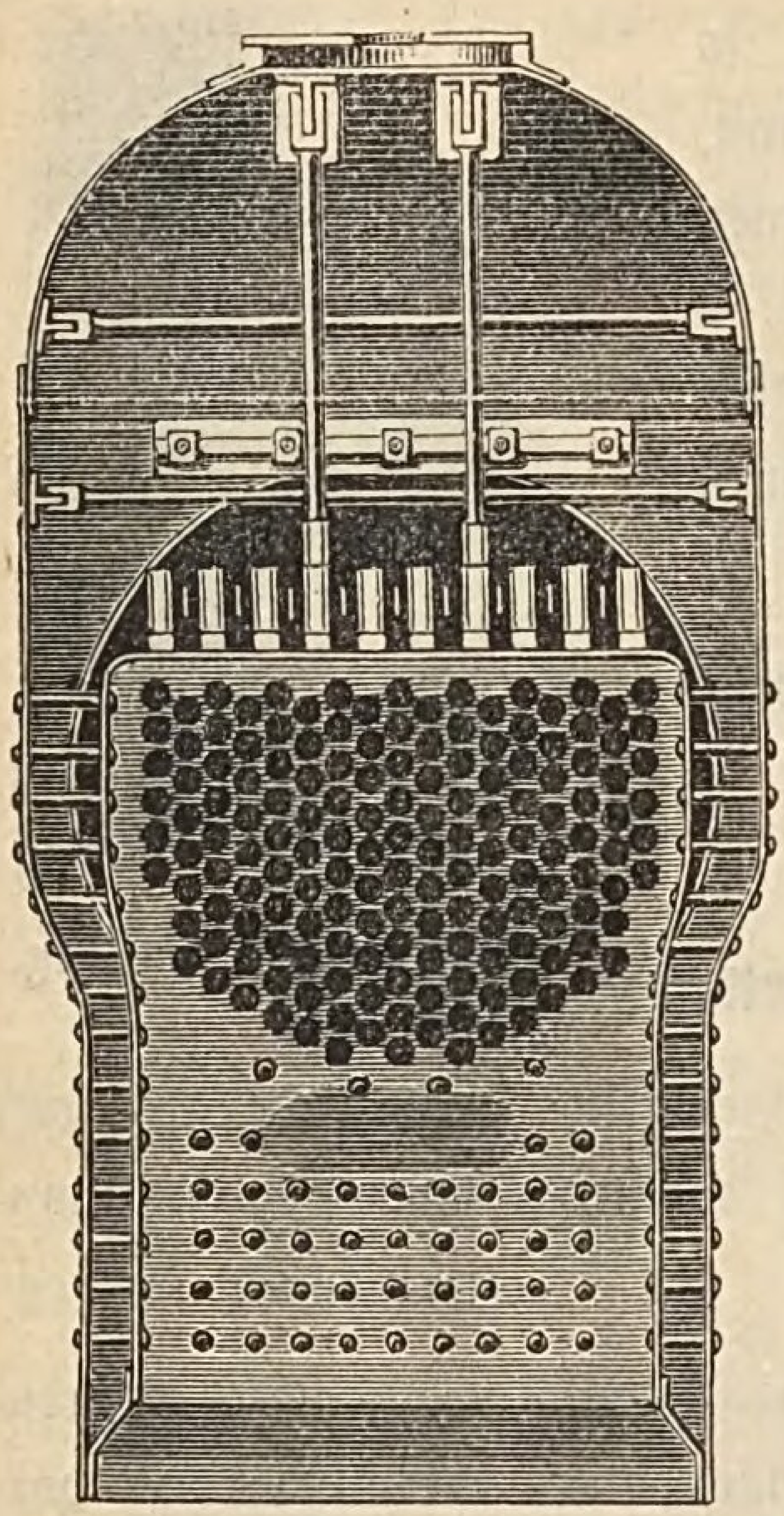
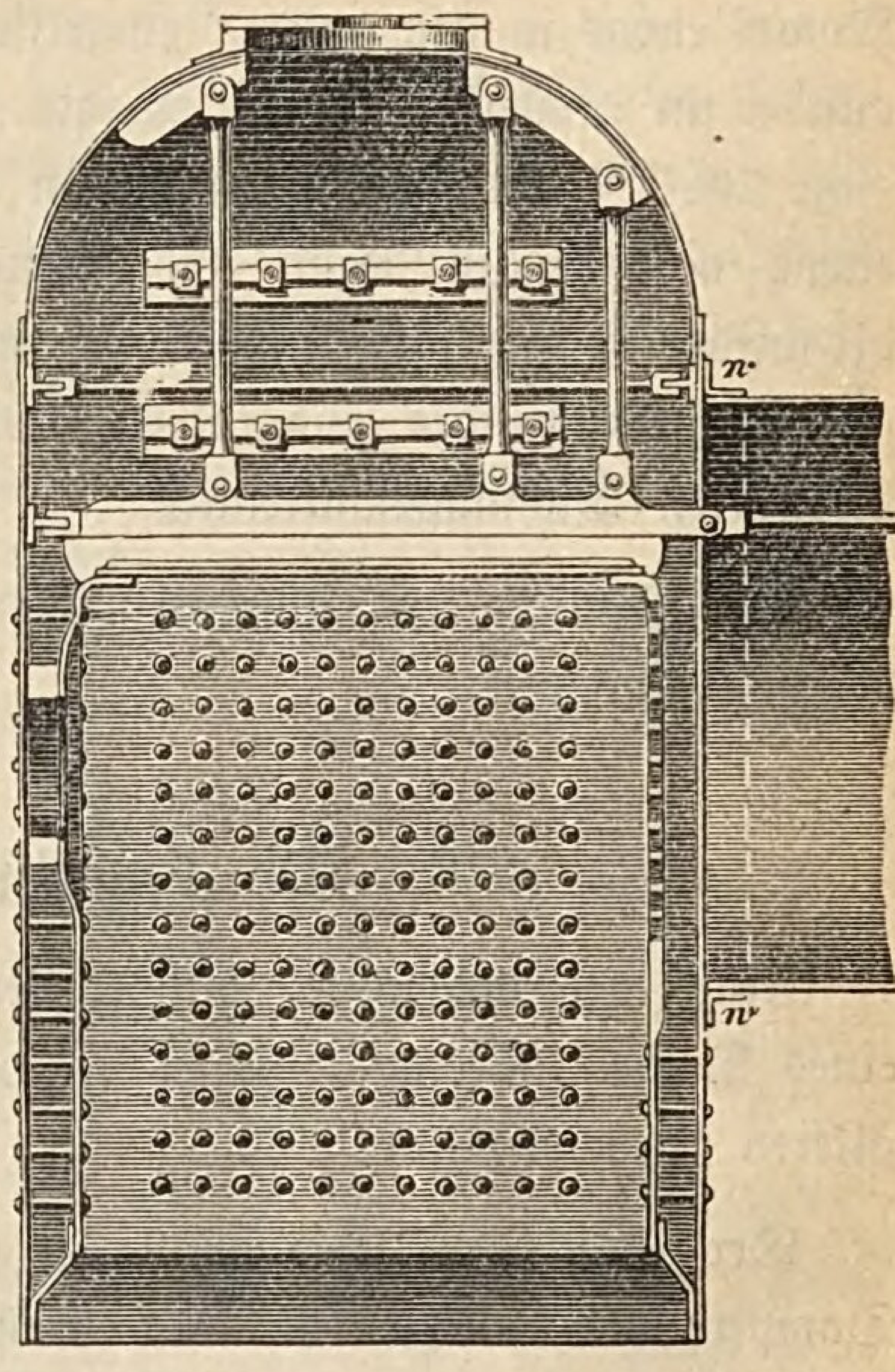


Fig. 16.



Die Feuerkisten. *(1:40)*

von Wasser bleibt, welches in dieser dünnen Schicht rasch und lebhaft verdampft. Der Zwischenraum darf nicht enger sein, da er sich sonst bald mit Schlamm und Kesselstein ausfüllen würde; auch müssen die im unteren Theile sich bildenden Dampfblasen frei und ungehindert nach oben steigen können. Die Ansammlung von Dampfblasen, welche die Wärme schlecht leiten, würde stellenweise Erhitzung der Kupferwand und alsdann ihre Ausbauchung zur Folge haben. Da an der Rohrwand das Feuer immer am klarsten, deshalb die Hitze am größten ist, so wird der Raum zwischen dieser und der Vorderwand des Mantels gewöhnlich etwas größer genommen. Um das freie Ansteigen der Dampfblasen noch zu befördern, werden die Feuerkisten auch zuweilen nach oben eingezogen, so daß der Zwischenraum bis zu etwa 130 mm anwächst.

Wenn bei der Zusammenstellung der Kesseltheile die innere Feuerkiste von unten in den Mantel hineingeschoben und bei Erneuerung auch herausgenommen werden soll, so dürfen an keiner Stelle ihre Abmessungen größer sein als die des Mantels im untersten Theile. Siehe Fig. 70 und 71.

Wenn die innere Feuerkiste in dem oberen Theile zur Gewinnung einer großen Heizfläche so stark erweitert ist, daß sie nicht von unten eingeschoben werden kann, so wird sie von der hinteren Seite eingesetzt, siehe Fig. 76—78.

Die innere Feuerkiste ist meistens aus Kupferblechen hergestellt; Eisen- und Stahlbleche haben sich nicht so gut bewährt, weil sie die Wärme weniger gut leiten und von der Hitze und dem in allen Kohlensorten in geringer Menge befindlichen Schwefel rascher zerstört werden, wie sie denn auch noch durch Rosten leiden.

In der Regel besteht die Feuerkiste aus drei Platten. Die Rohrwand und die Rückwand haben an ihren drei Seiten einen umgebogenen Flantsch, über welchen die aus e i n e m Stück bestehenden beiden Seitenwände und Decke gelegt und durch einfache Nietung damit verbunden werden. Seltener besteht bei sehr großen Feuerkisten die Decke aus einem besonderen Stücke. Die beiden Feuerkisten sind unten in der Regel durch einen Rahmen r, Fig. 17 und 18, von

Fig. 17.

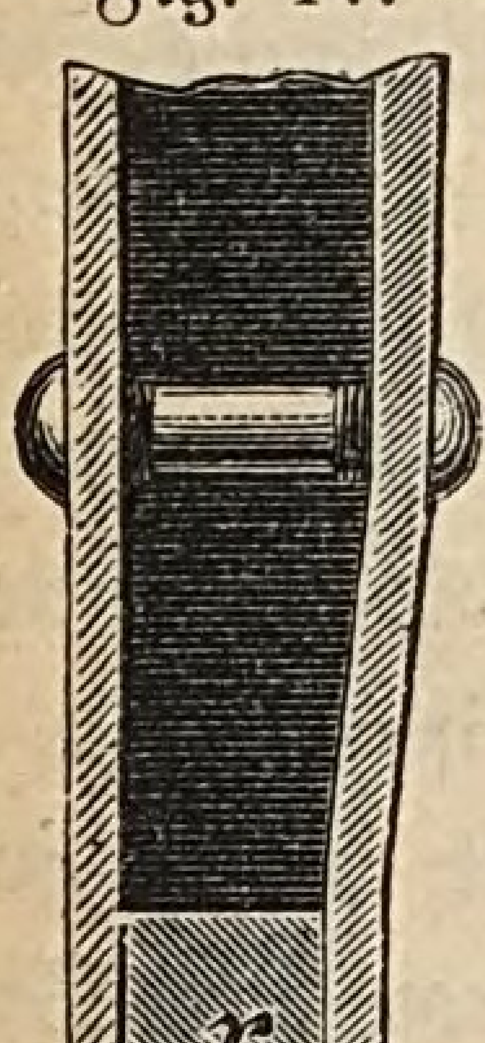


Fig. 18.

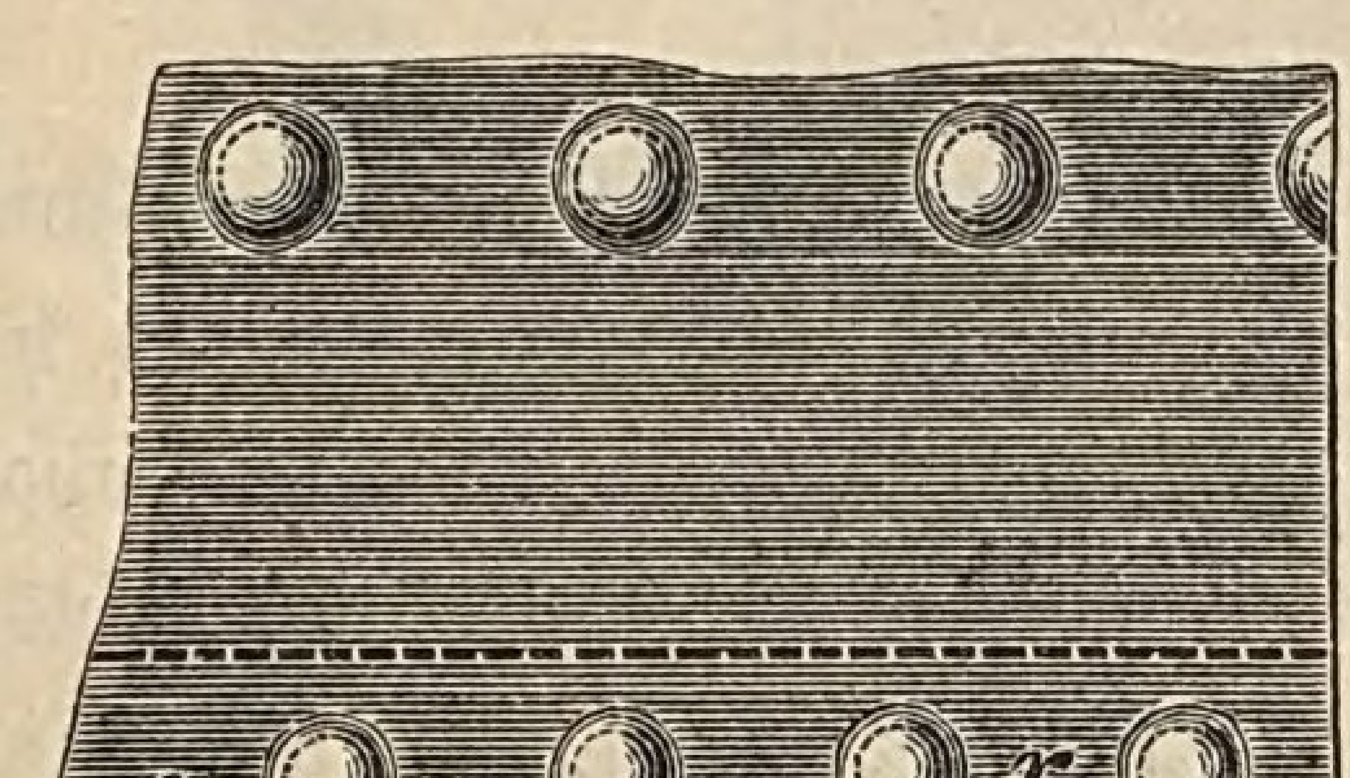
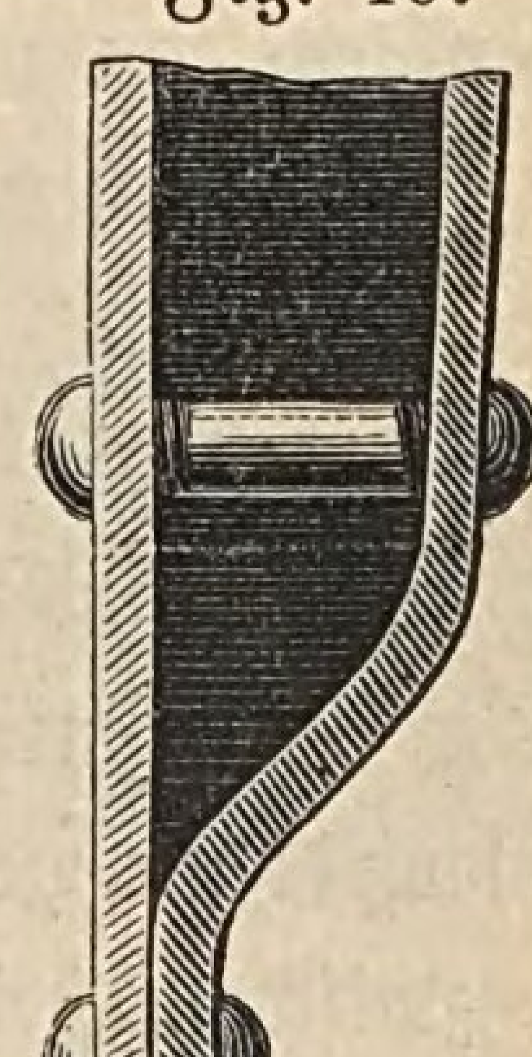


Fig. 19.



Untere Verbindung der beiden Feuerkisten. *(1:8)*

Eisen oder Rothguß mittelst doppelter Nietung dampf- und wasserdicht verbunden. Damit der Ring (etwa 70 mm breit und 90 mm hoch) weniger schwer ausfällt, weitet man die innere Feuerkiste unten etwas aus (Fig. 17). Ein Verschluß in der Weise hergestellt, daß die innere Feuerkiste unten erbreitert (ausgezogen) und ohne Zwischenlage mit dem Mantel vernietet ist, Fig. 19, hat den Nachtheil, daß der Raum für das umspülende Wasser sich nach unten sehr verengt und deshalb bald mit Kesselstein angefüllt wird. Außerdem leidet auch das Kupfer bei dem Austreiben und bleibt nicht mehr hinreichend fest, so daß alsbald Risse, insbesondere in den Ecken, sich einstellen.

Es kommen noch einige andere Verbindungen vor, jedoch ist die durch einen schmiedeeisernen Rahmen die gebräuchlichste.

Die beiden Rückwände der Feuerkisten sind durchbrochen zur Aufnahme der **Feuerthür.** Auch an dieser Stelle wird der Verschluß in der Regel durch einen mit beiden Wänden vernieteten Rahmen r r von Schmiedeeisen hergestellt, Fig. 20 und 21. Letzterer muß unten gut abgerundet sein, damit unter ihm keine Dampfblasen sich ansammeln können. Wenn der Heizer zum Aufbrechen der Feuerung das Stocheisen gebraucht, so ruht dasselbe auf dem unteren Rande der Thüröffnung, welcher dadurch dem Verschleiße ausgesetzt ist; zum Schutz wird auf den Thürring ein nach innen etwas vorstehendes Eisenblech aufgeschraubt, b Fig. 20, welches das Stocheisen von der Thüröffnung abhält und nach dem Verschleiße bald erneuert werden kann.

Gegen die unmittelbare Einwirkung der Flamme und des oft bis zur Thüröffnung reichenden Brennmaterials hat die Thür nach innen ein mit der Thür durch Stehbolzen abgesteiftes Blech s, Schutzthür genannt, welches die Thüröffnung ausfüllt und so durch die zwischen beiden befindliche Luftschicht die Hitze von der Thür abhält.

Die Klinke der Thür ist mit der Kette k verbunden, an welcher der Führer sie beim Feuern öffnet. Da das Einströmen kalter Luft

der schnellen Dampferzeugung schädlich ist, so schließt der Führer die Thür, während der Heizer die Schaufel von Neuem mit Kohlen füllt; damit das Schließen nicht zu viel Zeit, besondere Aufmerk=

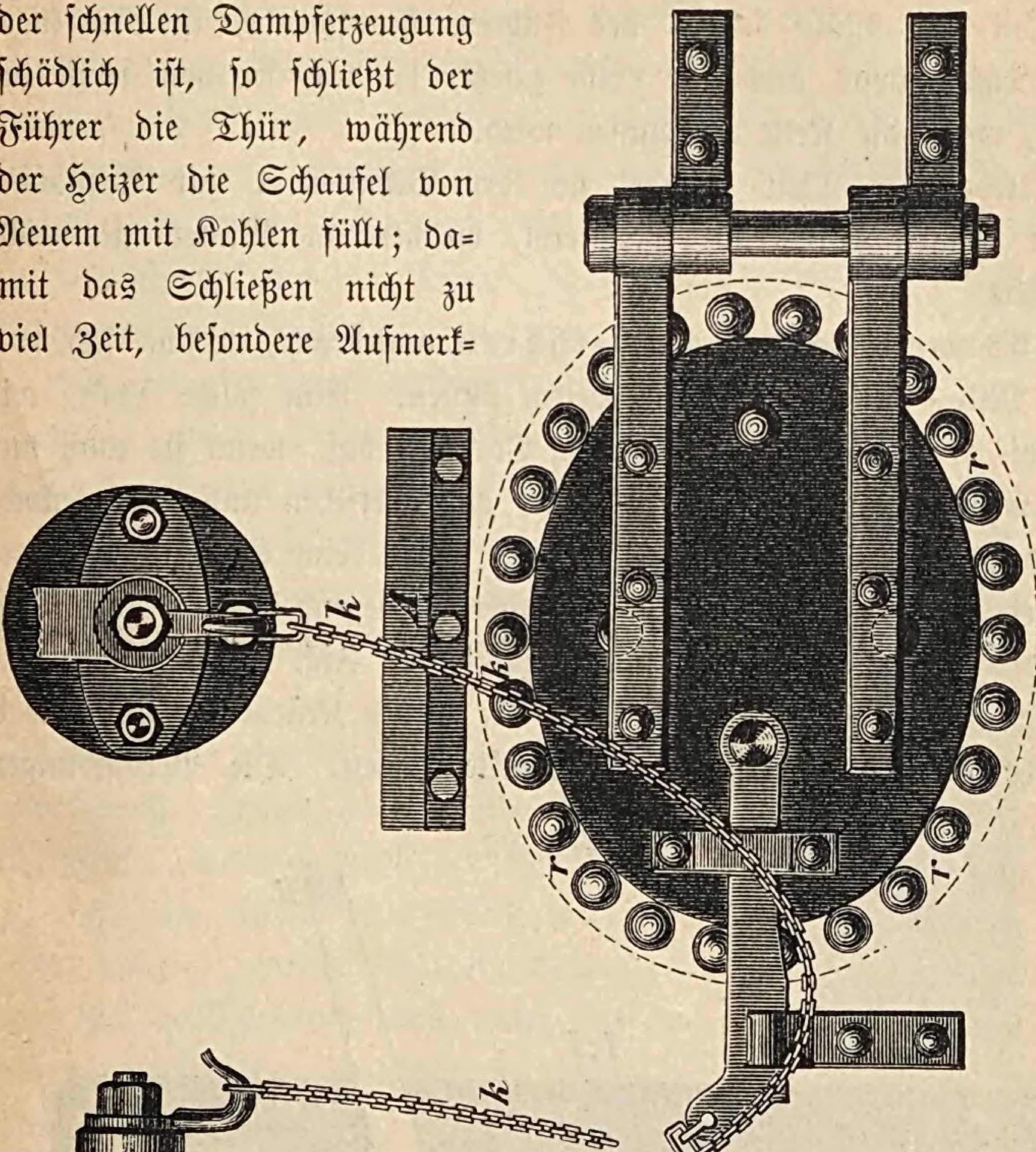


Fig. 21.

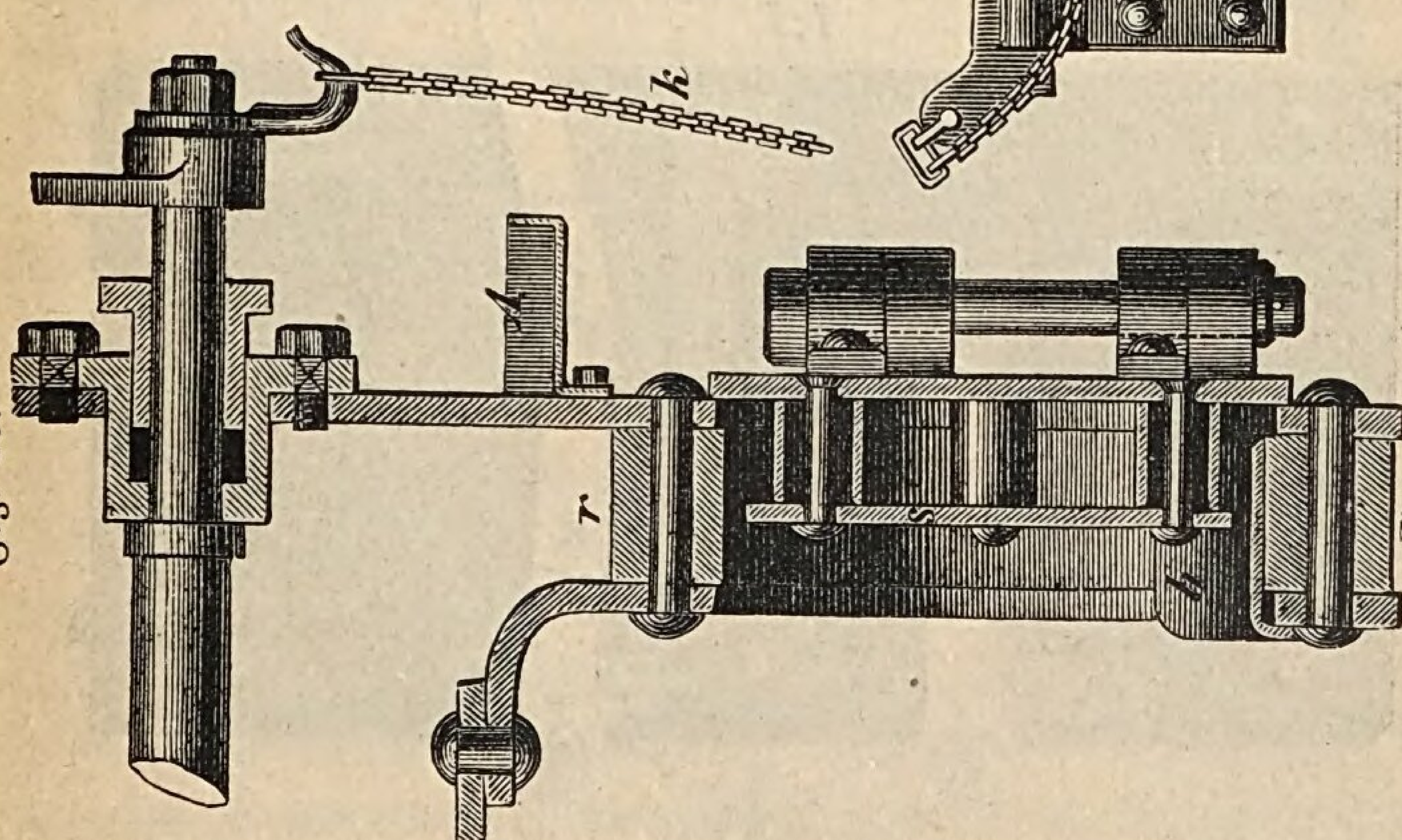


Fig. 20.

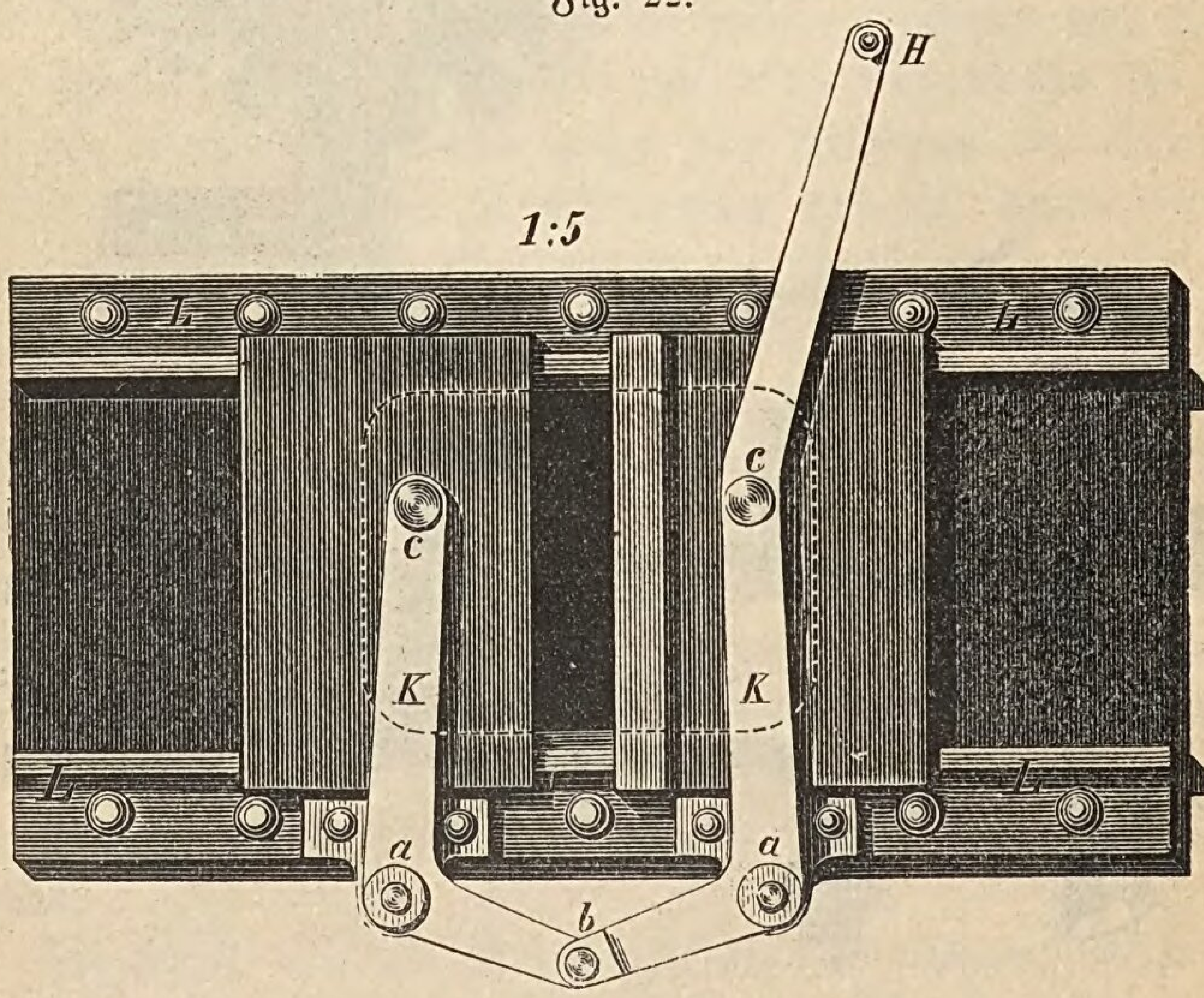
Feuerthür. (1:4)

samkeit und Mühe seitens des Führers beanspruche, ist die Angel der Thür etwas aus dem Lothe gesetzt, so daß sie von selbst zufällt, wenn die Kette losgelassen wird.

Ueber der Thür befindet sich der Behälter A zur Aufnahme einer kleinen Kanne für Schmieröl, welches im Winter hier nicht gefriert.

Es werden auch Schiebethüren angebracht, welche sich von der Mitte aus nach beiden Seiten öffnen. Eine solche Thür, wie sie die Fig. 22 darstellt, hat den Vortheil, daß, wenn sie auch nur ein wenig geöffnet wird, das Feuer gut übersehen und auch gestocht werden kann; die Thür in Fig. 21 muß beim Stochen ganz geöffnet werden, es tritt also bei dieser Gelegenheit mehr kalte Luft in die Feuerkiste. Die beiden Thüren der Fig. 22 werden gleichzeitig an dem Handgriffe H durch die beiden Kniehebel KK bewegt, welche bei aa ihre festen Drehpunkte haben. Die Verbindungen

Fig. 22.

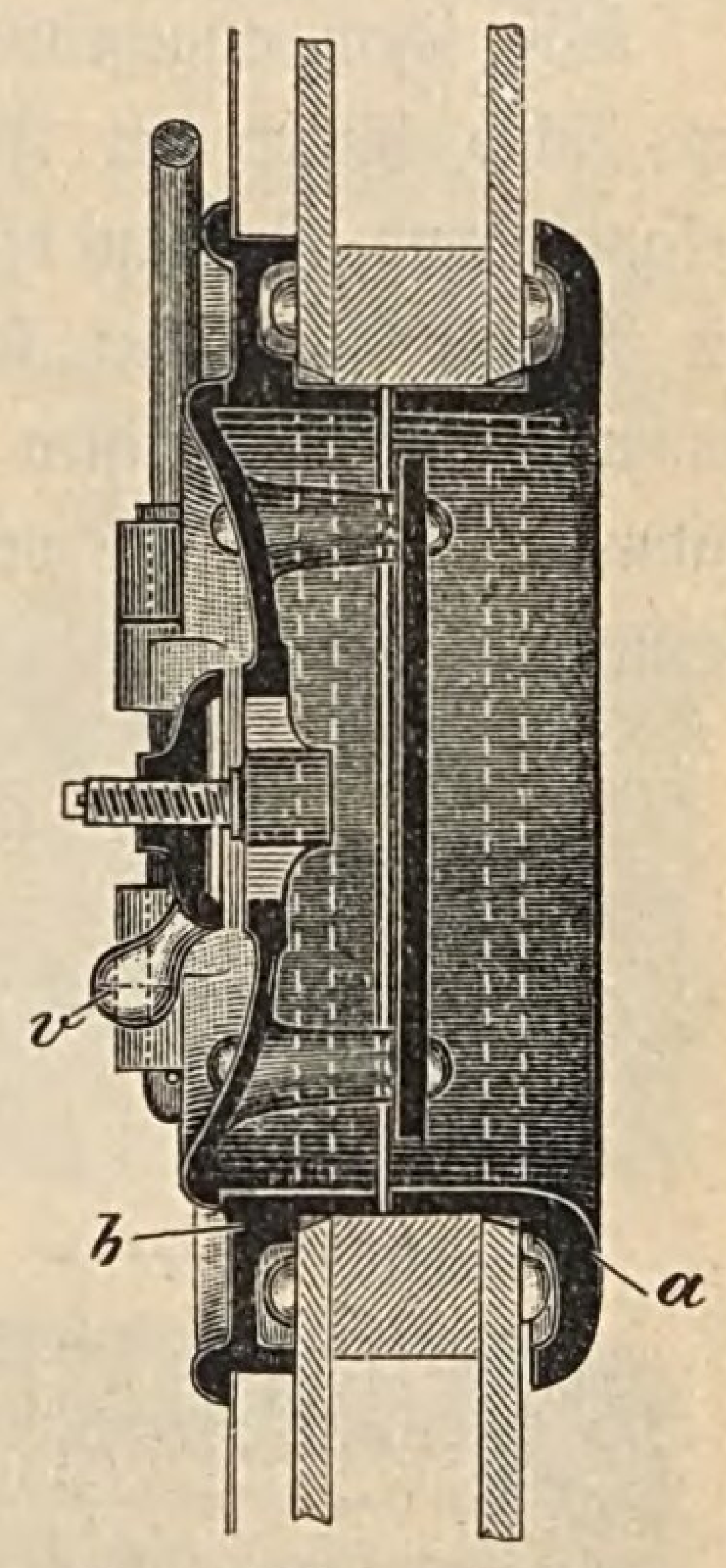


Schiebethür.

dieser Hebel unter sich bei b und mit den Thüren bei c c müssen reichlich Luft haben, wenn eine Bewegung möglich sein soll.

Die Thüren selbst werden durch die Leisten L geführt und ist die Anordnung so getroffen, daß sie sich an der oberen Leiste aufhängen und an der unteren nur führen, damit auf der letzteren etwa bei der Beschickung des Feuers liegenbleibende Kohlenstückchen der Bewegung nicht hinderlich werden.

Fig. 23.



Feuerthür. (1:5)

Fig. 23 zeigt den Längsschnitt einer Feuerthür, deren Oeffnung innen und außen durch zwei ringförmige Gußtheile a und b eingefaßt ist. Der innere Theil a hat den Zweck, die Nietköpfe des Thürringes gegen Verbrennung zu schützen, während der äußere zur Befestigung und als Anschlag der Feuerthür dient. Letztere hat in ihrer Mitte ein Ventil, welches durch den Griff v geöffnet und geschlossen werden kann. Das Ventil bezweckt die Zuführung von Luft zur Feuerkiste durch unter derselben angebrachte schmetterlingsförmige Oeffnungen.

Weiteres über das für alle Feuerkisten Gültige folgt bei den Kapiteln „Verankerung“ und „Entleerung“ des Kessels.

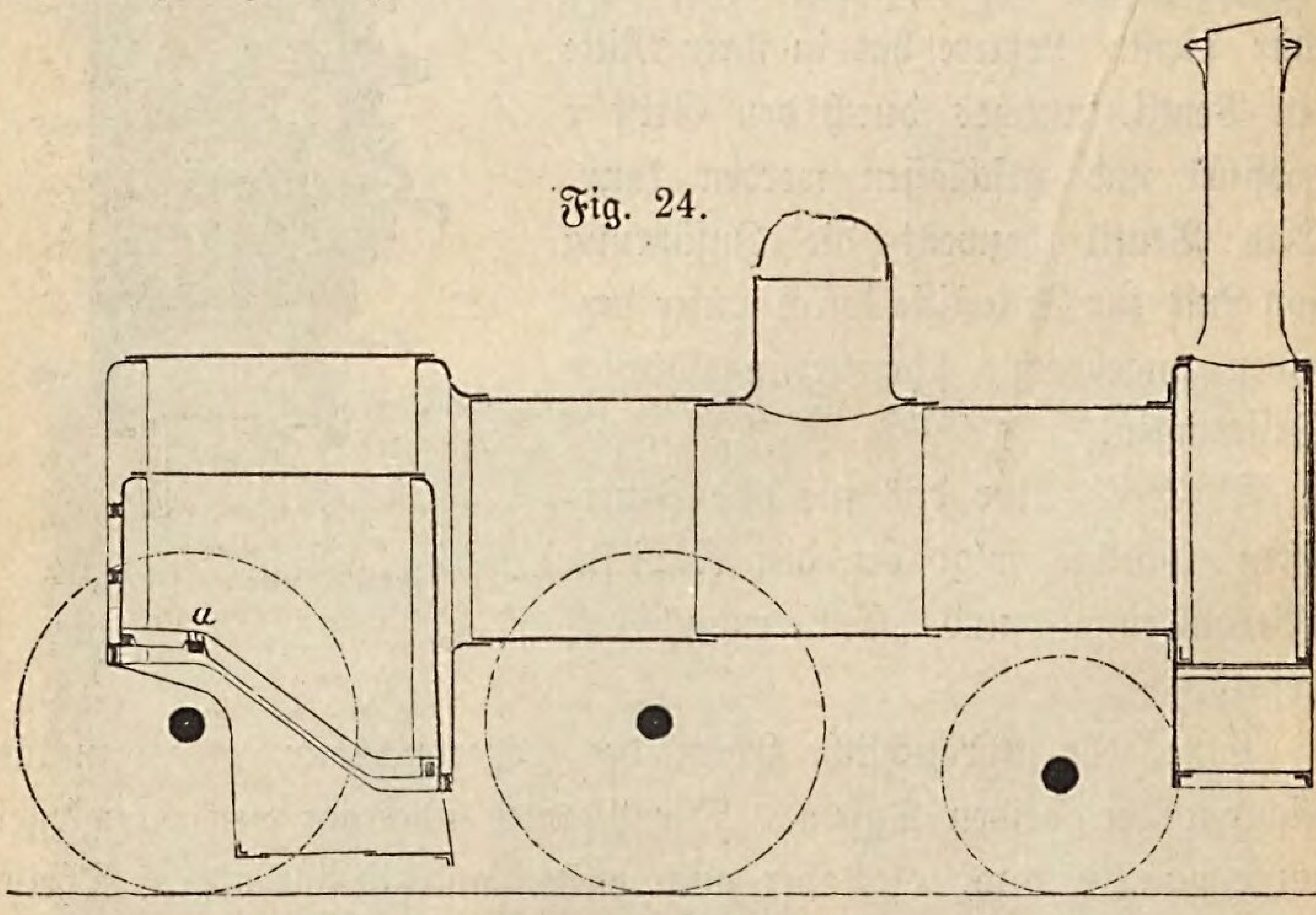
Eine sehr gebräuchliche Form des Feuerbuchsmantels zeigen die Figuren der beiden Tafeln. Der Mantel überragt den Langkessel um etwa 200 mm, oft aber auch mehr, und ist im oberen Theile halbcylindrisch. Die Verbindung mit dem Langkessel ist hier nicht durch einen Winkelkranz hergestellt, sondern die Vorderwand des Mantels ist ausgekümpelt, die Form wird durch die Ansicht in Fig. 5 am besten verdeutlicht. Das Blech h h wird bei dem Bearbeiten äußerst

mitgenommen, zu demselben wird deshalb ein Eisen bester Güte gewählt und dasselbe vorsichtig bearbeitet. Das vorausgesetzt, ist diese Verbindung eine bessere als durch einen Winkelkranz, da sie nicht so leicht zwischen Langkessel und Mantel zu Undichtheiten Veranlassung giebt.

Die halbcylindrische Form des oberen Theiles des Feuerbuchsmantels bietet dem Dampfdrucke ohne besondere Verstrebungen einen guten Widerstand.

Wie schon angegeben, soll bei Personenzuglocomotiven die hintere Achse hinter der Feuerkiste liegen; der zulässige Radstand ist bekannt, und ist man oft genöthigt, damit die Hinterachse näher an die Mittelachse rücken kann, also um den Radstand kürzer zu bekommen, die Feuerkisten unten auszuschneiden, Fig. 24. Es geht dadurch an Heizfläche verloren und der Rost bekommt oft eine unbequem geneigte Lage.

Fig. 24.



Personenzuglocomotive mit schrägem Rost.

Unter Verzicht auf den durch die Ueberbauung des Mantels gewonnenen Dampfraum, aber zum Vortheil einer noch größeren Wider=

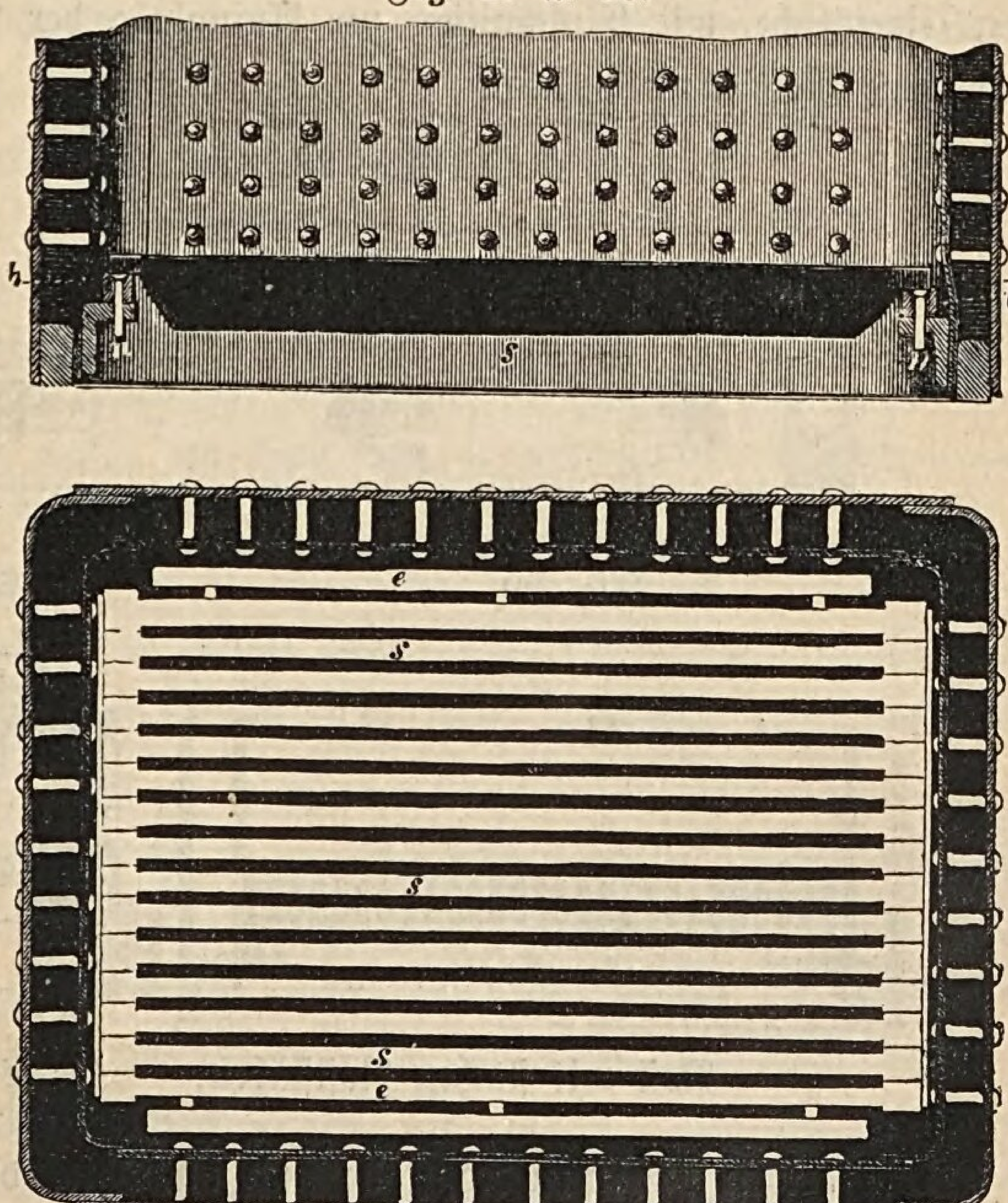
standsfähigkeit, werden die äußeren Feuerkisten auch ganz ohne Ueberbauung gemacht.

Wir werden bei dem Kapitel „Verankerung“ die Vortheile und Nachtheile dieser und einiger neueren oder selteneren Anordnungen von Feuerkisten näher besprechen.

Der Rost. Unten in der Feuerkiste liegt der Rost. Auf den in die Feuerkistenwandungen eingeschraubten Kloben n n, Fig. 25, liegen der Quere nach die Rostbalken b b. Auf diese stützen sich mit den Enden die Roststäbe s s.

Bei sehr langen Feuerkisten ist es nöthig, die Roststäbe, außer an den Enden, noch einmal näher nach der Mitte hin zu unterstützen, Fig. 24 bei a, damit sie sich durch das Gewicht der Kohlen nicht durchbiegen, was deshalb leicht eintritt, weil die Stäbe oft glühend werden. Diese werden aus besonders geformten Eisen angefertigt; damit sie sicher aufliegen, wird an jedem Ende ein Lappen angepreßt. Fig. 25 zeigt einen Roststab in der Seitenansicht u. Fig. 26

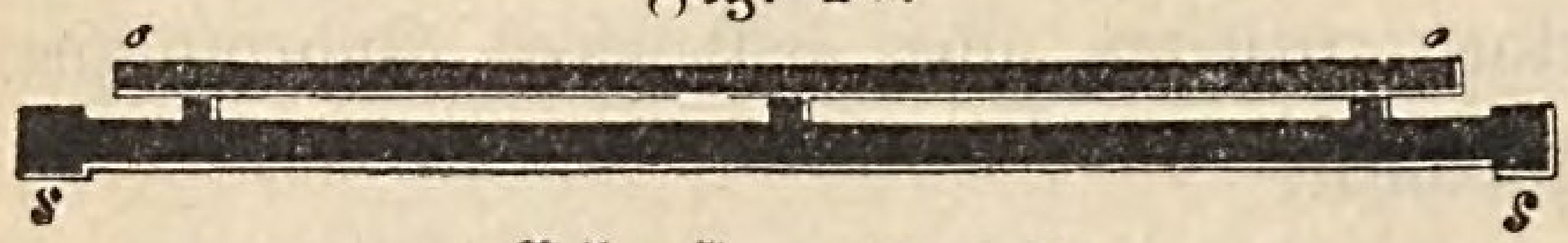
Fig. 25 u. 26.



Rostanlage. *(1:24)*

die ganze Rostlage in der oberen Ansicht. Die beiden äußersten Roststäbe können nicht so nahe an die Seitenwände gerückt werden, daß nicht Brennmaterial durchfällt, man fertigt deshalb für die äußersten Lagen besondere Eckroste an, Fig. 27 (siehe auch Fig. 26 bei e e). An den Roststab s s ist noch das etwas kürzere Stück e e genietet, welches sich nahe an die Seitenwand legt.

Fig. 27.



Eckrost. (1:24)

Eine andere Anordnung, bei der einfaches Flacheisen zu den Roststäben s s benutzt werden kann, zeigen die Fig. 28, 29 und 30, letztere einen Theil der Anordnung in größerem Maßstabe. Jeder Rostträger, 3 Stück, besteht aus 2 Flacheisen f, zwischen welchen der eigentliche mit Einschnitten zur Aufnahme der flachen Roststäbe versehene Rostträger b liegt.

Fig. 28.

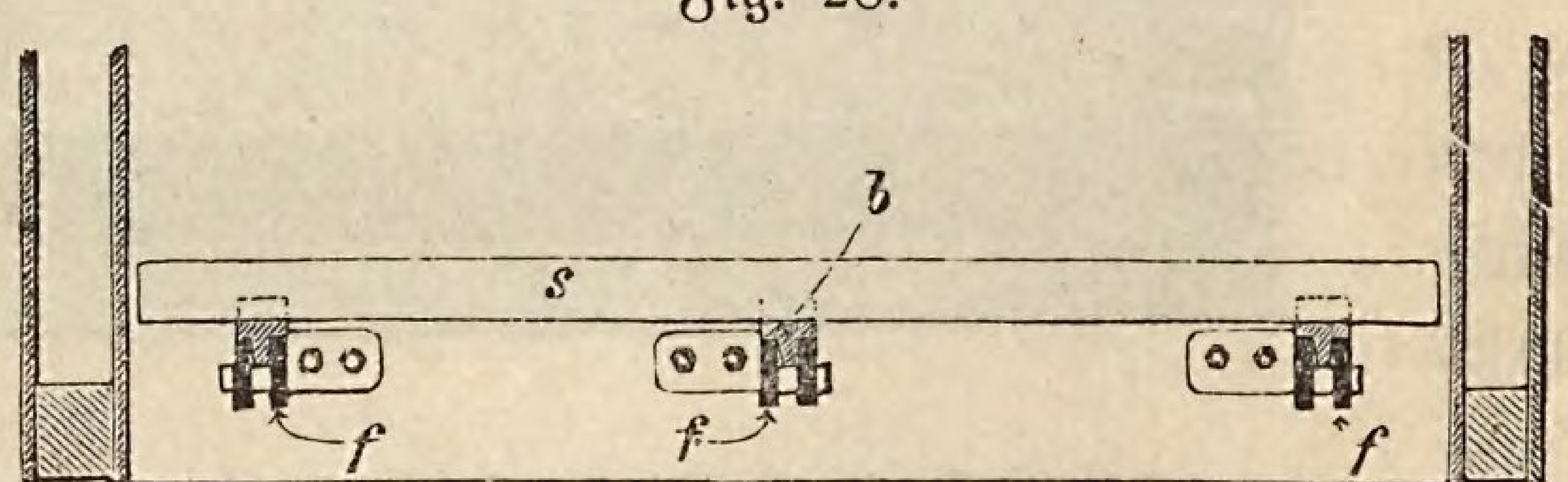


Fig. 29

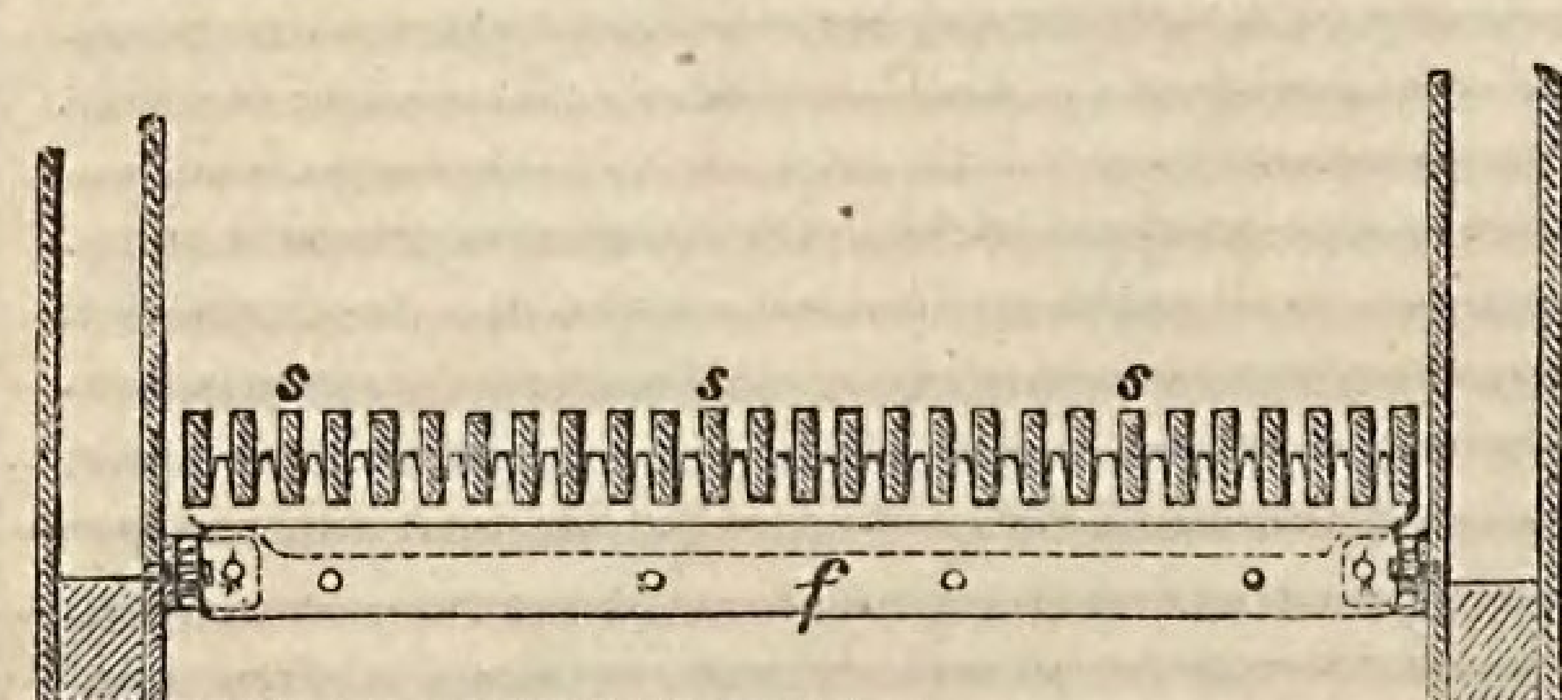
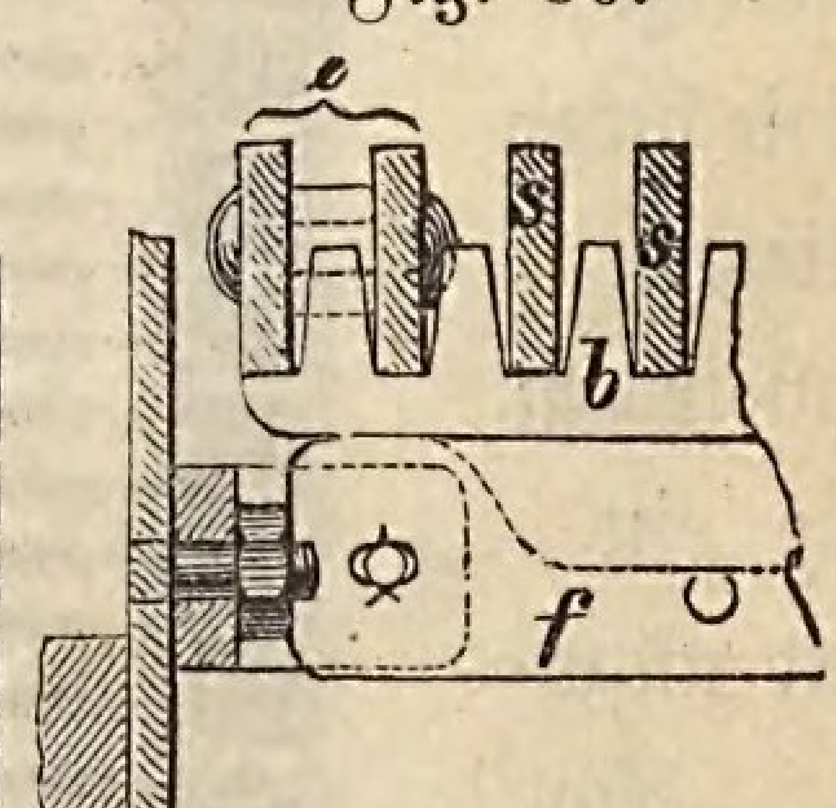


Fig. 30.



Rost mit flachen Roststäben. (1:24)

Die beiden äußersten Roststäbe sind auch hier durch einige Niete zu einem Eckroste vereinigt. Fig. 30 bei e.

Als Vortheil dieser Anordnung ist die billigere Unterhaltung der Roststäbe anzuführen, außerdem der Umstand, daß der Feuermann gezwungen ist, stets die richtige Anzahl der Roststäbe einzulegen; anderseits müssen aber andere Rostträger mit der entsprechenden Anzahl Einkerbungen eingelegt werden, wenn die Güte oder der Stückgehalt der Kohlen eine andere Anzahl der Stäbe bedingt.

Ein Nachtheil ist der, daß bei schlechten und stark die Roste anfressenden Kohlen leicht einzelne Stäbe mit den Trägern zusammenbacken und dann die Beseitigung dieser Roststäbe schwierig ist.

Gußeiserne Roststäbe haben sich bei langen Feuerkisten nicht bewährt, da sie leicht brechen.

An die Feuerkiste schließt sich nach unten der Aschenfall N, Fig. 1, 2 und 5, Taf. 1 und 2. Er hat zur Regelung des Luftzuges vorn und hinten Klappen s s, welche durch Zugstange und Hebel vom Führerstande aus gehandhabt werden können. Wenn die Klappe offen ist, muß die Zugstange nach oben stehen, nicht umgekehrt.

Es liegt der Fall vor, daß durch einen im Gleise liegenden Gegenstand die geöffnete Klappe gewaltsam geschlossen wurde und die in die Höhe schnellende Zugstange dem zufällig in gebückter Stellung befindlichen Führer unter das Kinn fuhr, so daß er unter Schmerzen nur bis zur nächsten Station fahren konnte.

Im Boden des Aschkastens befindet sich eine durch einen Deckel geschlossene Oeffnung x′, durch welche nach Entfernung der Roststäbe die Feuerkiste bestiegen werden kann, was außerdem noch durch die Feuerthür möglich ist.

Die Rostfläche. Die ganze Rostfläche, welche, wenn der Rost gerade liegt, so groß wie der wagerechte Querschnitt der Feuerkiste, bei geneigt liegendem Roste, Fig. 24, aber größer ist, heißt die totale, der freie Raum zwischen den Roststäben, die Rostspalten oder Fugen zusammengenommen, die freie, und die gesammte Oberfläche der Roststäbe selbst (also ohne die Rostspalten), die bedeckte Rostfläche.

Die Größe der totalen Rostfläche richtet sich nach der Menge des Brennstoffes, welche sie aufnehmen muß; diese ist abhängig davon, ob der Brennstoff schnell und eine starke Hitze und wie viel entwickelt. Nehmen wir Steinkohlenfeuerung an, so erlauben viele Kohlen — insbesondere Stückkohlen — eine hohe Schicht auf dem Roste (bis 500 mm), welche sich durchweg gut entzündet; andere verlangen eine ganz niedrige Schicht (Staubkohlen 60 mm), bei welchen mehr aufgeworfene Kohlen nur die Gluth dämpfen würden; eine dritte Sorte Kohlen giebt die größte Heizwirkung bei halbhoher Lage. Der Führer sagt, die Kohle verträgt ein hohes oder sie verlangt ein niedriges Feuer. Da bei derselben Heizfläche die Menge des Dampfes, welche in der Zeiteinheit entwickelt werden kann, davon abhängt, welche Menge Kohlen sich in einem durchgeglühten und flammenden Zustande in der Feuerkiste befindet, so kann diese Menge bei guten stückreichen Kohlen bei hoher Schicht und kleinerer Rostfläche eben so groß sein wie bei stückarmen und schlechteren Kohlen, die über eine größere Rostfläche nur zollhoch ausgebreitet sind; man wendet deshalb größere Roste an, wenn stückarme Kohlen oder solche geringerer Güte zur Verwendung kommen müssen.

Die Größe der freien Rostfläche wächst mit der totalen; zu dem Verhältniß zwischen ihr und dieser ist zweierlei zu bemerken: je weiter die Rostspalten, desto mehr Luft dringt in die Feuerkiste, aber um so mehr unverbrannter Brennstoff fällt auch in den Aschkasten; bei stückreichen Kohlen, welche eine hohe Schicht vertragen, dürfen die Roststäbe weiter von einander liegen, weil die Kohlen nicht durchfallen, und strömt die Luft hinlänglich ein; der belebende Bestandtheil derselben, der Sauerstoff, hat, die hohe Schicht durchstreichend, Zeit genug, sich mit der Kohle zu Kohlensäure zu verbinden und die überhaupt mögliche Heizwirkung zu entwickeln.

Bei stückarmen Kohlen, welche meist gleichzeitig geringerer Güte sind, und solchen, welche in der Hitze zerfallen, müssen die Roststäbe enger liegen, weil sonst zu viel Brennstoff in den Aschenkasten fällt; die Luft kann nicht so frei einströmen, es kommt also zu der Gering=

werthigkeit der Kohle noch ein ungünstiger Umstand hinzu, welcher eine nur träge Verbrennung im Gefolge hat.

Eng gelegte Roststäbe verstopfen sich leichter, backen eher an einander, müssen deshalb öfter gereinigt und durch neue ersetzt werden.

Die bedeckte Rostfläche setzt sich aus den oberen Flächen der einzelnen Roststäbe zusammen; je stärker ein Roststab, um so größer ist bei der gleichen Anzahl die bedeckte Rostfläche, je größer diese, um so kleiner die freie Rostfläche und umgekehrt.

Der auf dem Roststabe selbst liegende Brennstoff wird von der einströmenden Luft schlecht getroffen, diese speist unmittelbar nur denjenigen Brennstoff, welcher über den Rostspalten liegt; es sind deshalb bei derselben freien Rostfläche dünne Roststäbe den stärkeren vorzuziehen. Diese müssen selbstverständlich immer so stark sein, daß sie den Brennstoff ohne sich durchzubiegen tragen können. Dünne Stäbe werden nicht so schnell heiß und glühend wie dickere, weil sie von der eindringenden Luft selbst kühler gehalten werden: sie sind demzufolge verhältnißmäßig von längerer Dauer.

Die totale Rostfläche beträgt $^1/_{80}$—$^1/_{100}$ der totalen Heizfläche (siehe: 8. die Heizfläche) die freie Rostfläche ist $^1/_4$—$^1/_3$ der totalen.

Während bei Staubkohlen die Rostspalten nur eine Weite von etwa 4—5 mm haben, wächst diese bis 20 mm bei Verwendung von reinen Stückkohlen. Die Spaltweiten für gemischte (Förder-) Kohlen liegen zwischen diesen Maßen.

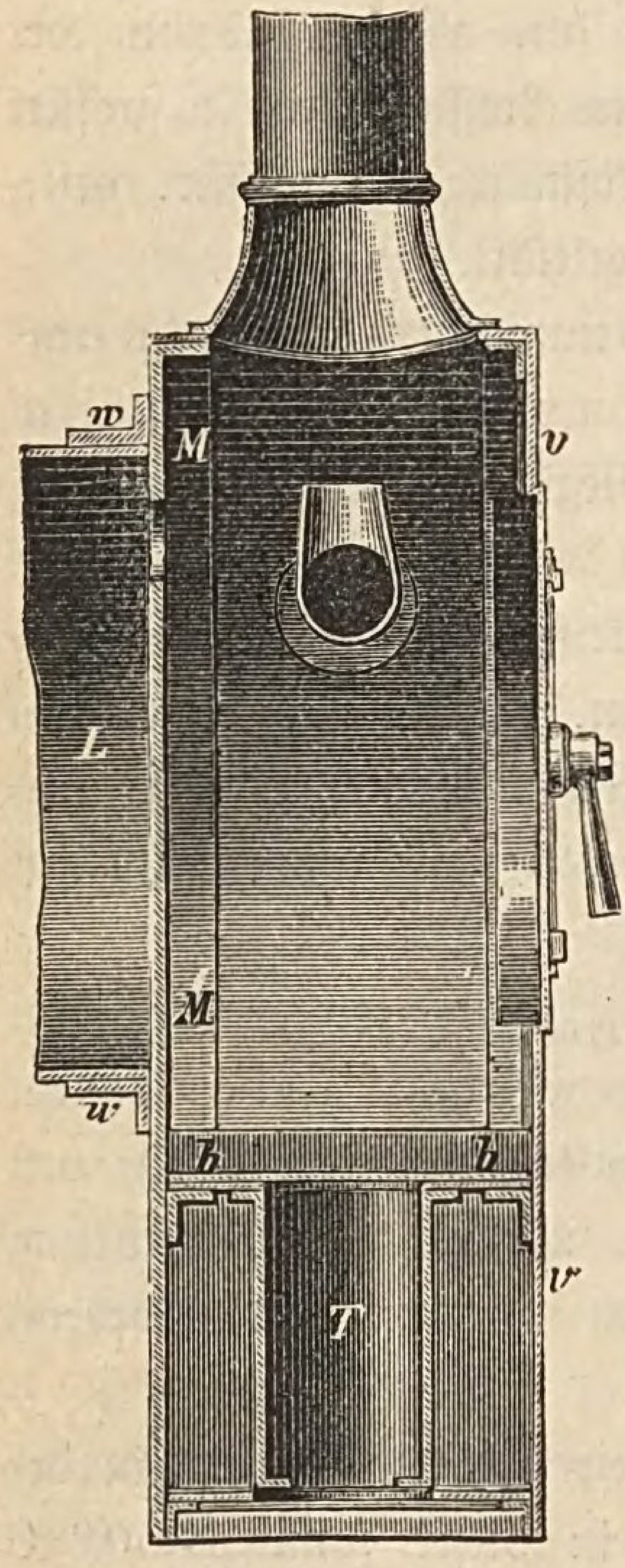
Die Luft strömt mit $4^1/_2$—$5^1/_2$ Meter Geschwindigkeit in der Secunde in die Feuerkiste, die Wärme in dieser kann 1500° C erreichen.

4. Die Rauchkammer und der Schornstein.

Die Rauchkammer, Fig. 31, schließt sich an dem vorderen Ende dem Langkessel an. Die Verbindung ist dadurch hergestellt, daß die vordere schmiedeiserne Rohrwand M M umgebogen und mit der übergeschobenen Rauchkammer vernietet ist; die Rohrwand selbst ist in

den meisten Fällen durch einen Winkelkranz w w mit doppelter Nietreihe mit dem Langkessel L verbunden, seltener hat der vorderste Schuß des Langkessels einen Flantsch, mit dem er sich vor die Rohrwand legt. Die Bleche der Rauchkammer dürfen von mäßiger Stärke sein, da sie einen Druck nicht auszuhalten haben. Bei neueren Anordnungen läßt man die Rohrwand M M und auch die Vorderplatte v v der Rauchkammer tiefer als der Boden b b nach unten gehen (Fig. 31), man erreicht dadurch eine bessere Verbindung der Dampfcylinder und der vordere Theil der Locomotive bekommt eine gute Steifigkeit. Wir kommen auf diesen Punkt bei einer anderen Gelegenheit noch zurück.

Fig. 31.



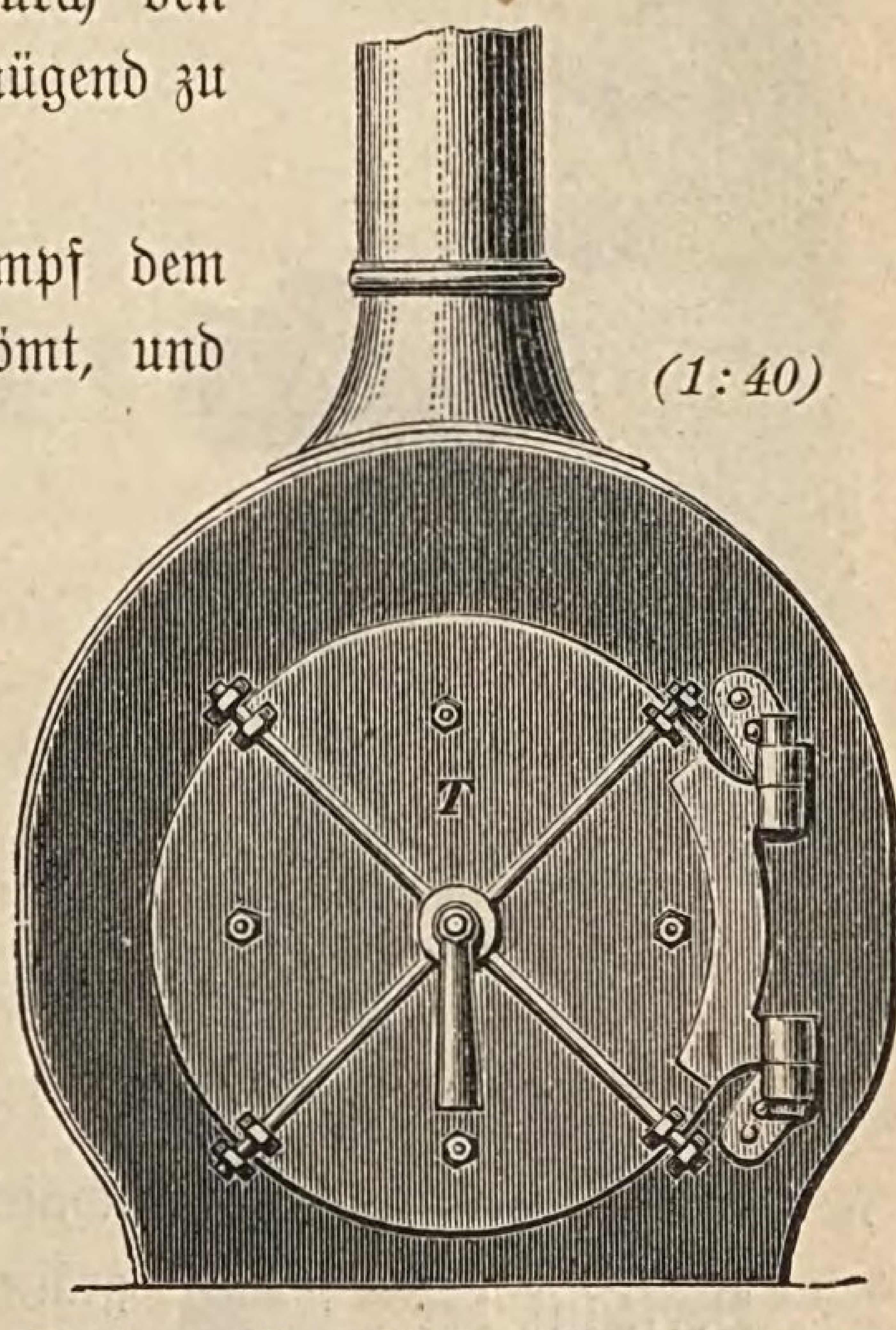
Rauchkammer. (1:40)

In der Rauchkammer kommen die mit großer Geschwindigkeit den Sieberöhren entströmenden Verbrennungserzeugnisse einige Zeit zur Ruhe, in welcher die mitgerissenen unverbrannten Theile des Brennstoffes sich zum Theil absetzen. Damit der Raum nicht so bald angefüllt wird, ist es zweckmäßig, den Boden der Rauchkammer nicht zu nahe unter die unteren Sieberöhren zu legen. Man bringt oft noch einen besonderen, durch einen Schieber geschlossenen Topf T unter der Rauchkammer an, Fig. 31, welcher den übergerissenen Brennstoff aufnimmt. Auch bei der geringen Geschwindigkeit der Luft in der Rauchkammer werden noch brennende Kohlentheile mit in die Höhe gerissen, welche durch den sogenannten Funkenfänger, welcher zwischen der obersten Sieberohrreihe und

der Schornsteinmündung und unter dem Ausgangsregulator liegt, daran gehindert werden, in's Freie zu gelangen*).

Außer dem Funkenfänger liegen in der Rauchkammer die Einströmungsröhren O O (Fig. 3, Taf. 1), welche den Dampf aus dem Kessel in die Cylinder leiten. Da in der Rauchkammer eine Wärme von etwa 300 ^{0} C ist, so wird das aus dem Kessel mitgerissene Wasser in den Einströmungsröhren zum Theil verdampft und gelangt nicht in die Cylinder; man sagt, der Dampf wird in der Rauchkammer getrocknet. Ferner liegen in der Rauchkammer die Ausströmungsröhren A A, welche den gebrauchten Dampf aus den Cylindern durch den Schornstein in's Freie leiten. Letztere beide Röhren vereinigen sich oberhalb der obersten Siederohrreihe mitten unter dem Schornstein und bilden dort den sogenannten Ausgangsregulator B (Exhaustor), dessen Einrichtung und Stellung so gewählt ist, daß der ausblasende Dampf einen kräftigen Zug auf das Feuer ausübt, welcher durch den kurzen Schornstein allein nicht genügend zu erreichen ist.

Fig. 32.



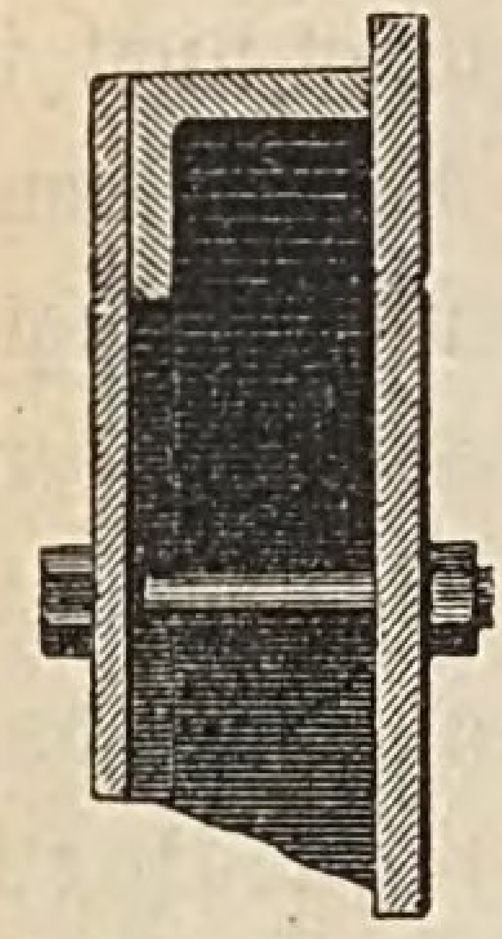
Vordere Ansicht der Rauchkammer.

Wir bemerken, daß der Dampf dem Ausgangsregulator stoßweise entströmt, und daß die Luft in derselben Weise nachströmen würde, wenn nicht die Rauchkammer als Windkessel diente, welcher das Nachströmen der Luft gleichmäßiger macht. Je größer die Rauchkammer, um so besser erfüllt sie diesen Zweck.

Die Rauchkammer ist vorn durch eine Thür T, Fig. 32, mit doppelter Wandung geschlossen. Da keine hinreichende Luftverdünnung in der Rauchkammer entsteht,

*) In den Fig. 35 u. 36 ist der Funkenfänger F F angedeutet.

wenn von außen kalte (falsche) Luft eindringt, so ist sehr darauf zu halten, daß die Thür gut schließt und alle Fugen ganz dicht sind. Bei Zutritt frischer Luft entzünden sich die nicht vollständig verbrannten Gase, sowie der übergerissene Brennstoff und wirken dann zerstörend auf die Wände der Rauchkammer, der Dampfröhren 2c.; die Thür zieht sich und hält nicht mehr dicht.



Die Thür muß mindestens so groß sein, daß beim Oeffnen derselben alle Sieberöhren aufgedeckt sind, so daß diese bequem ausgewechselt und mit einem Wischer von Kohlenasche, Staub 2c. gereinigt werden können.

Fig. 32 zeigt die Rauchkammerthür in der Ansicht und Fig. 33 und 34 den theilweisen Durch-

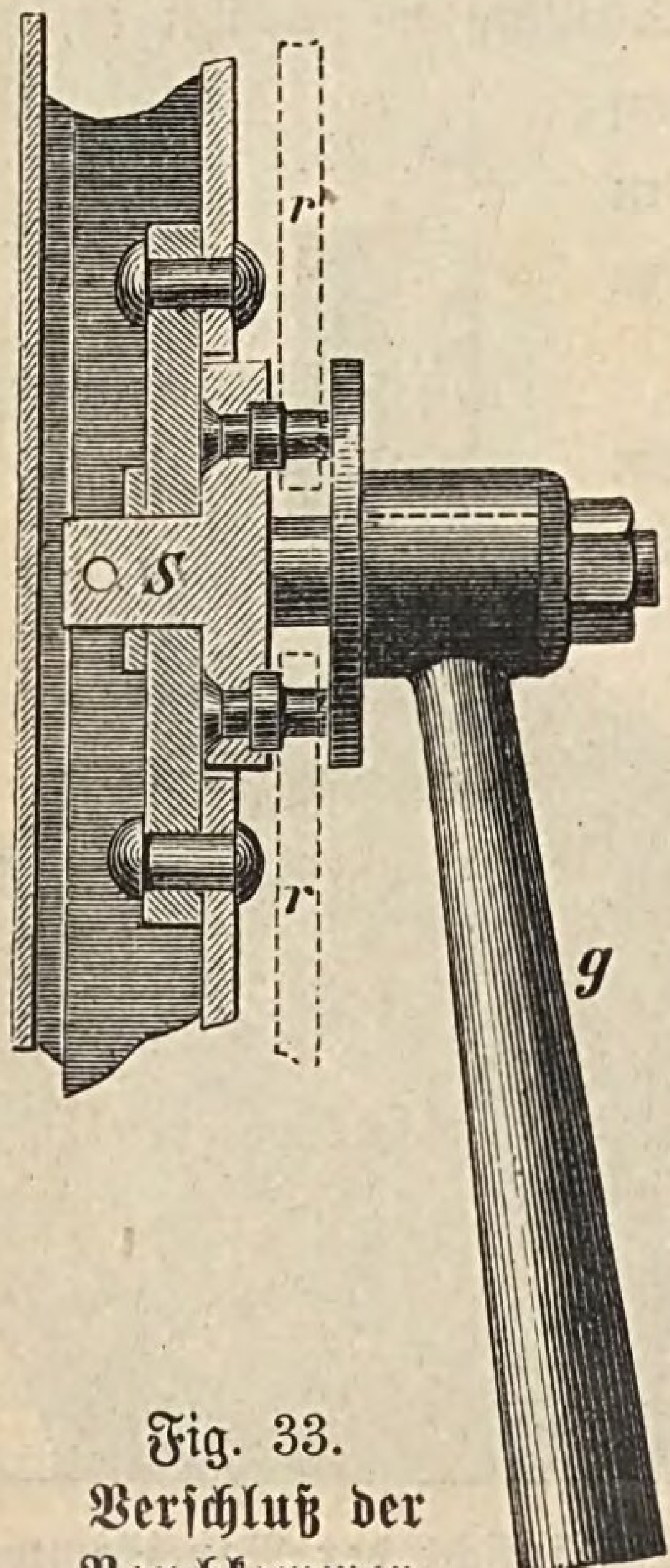
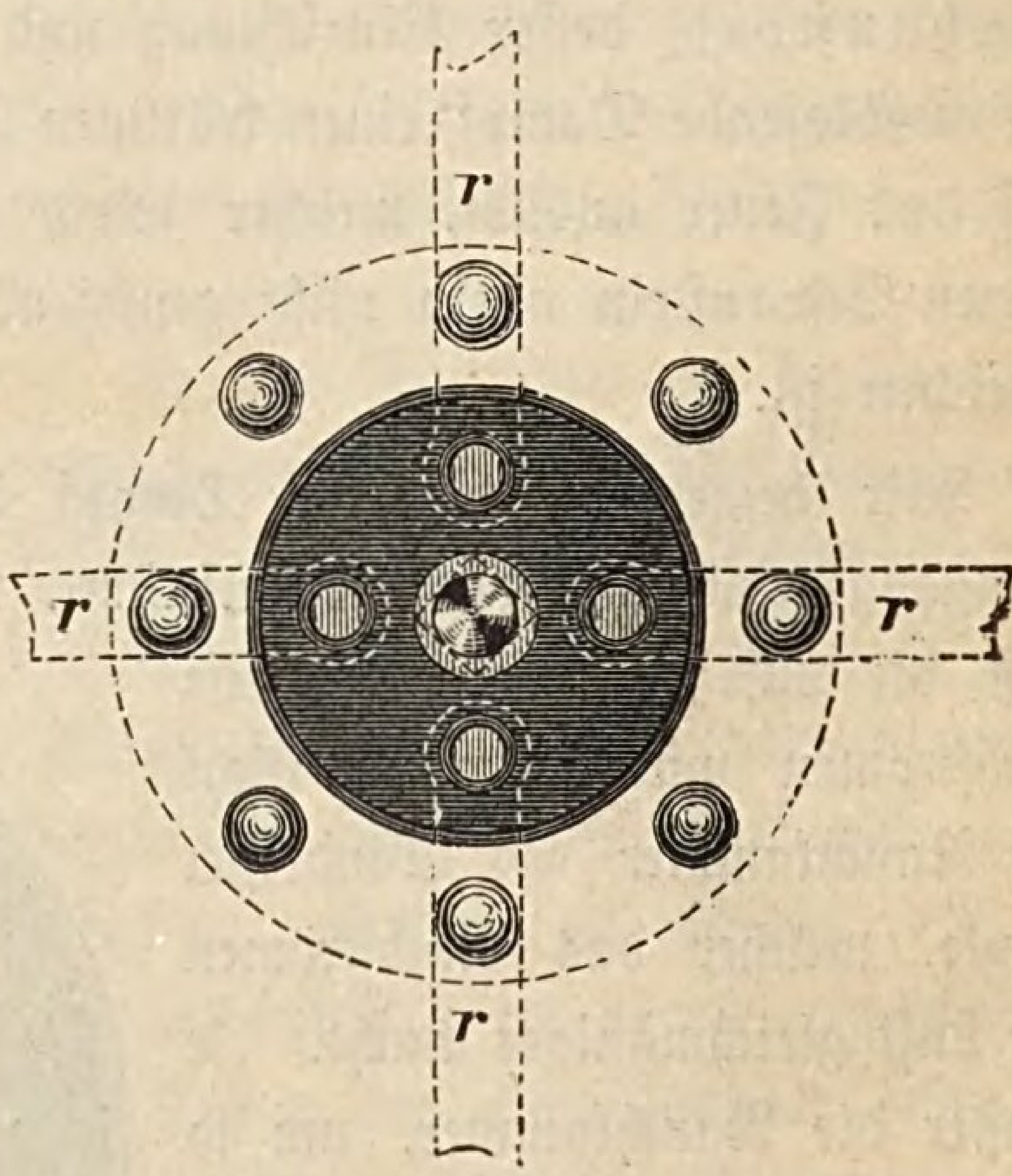


Fig. 33.
Verschluß der Rauchkammer.



(1:4) Fig. 34.

schnitt und den mittleren Theil in einem größeren Maßstabe. Der Verschluß ist durch vier außenliegende Riegel r r r r hergestellt, welche durch den Griff g und

die drehbare Scheibe S gleichzeitig in die Schlaufen und aus denselben herausgeschoben werden können.

Zum besseren Dichten ist es oft nöthig, außer den vier Riegeln noch einige Vorreiber anzubringen, dieses besonders unten, weil hier die Thür immer am heißesten wird und sich deshalb eher krumm zieht.

Der Schornstein der Locomotive soll mit schlanker Krümmung in die Rauchkammer münden, damit die Gase mit Leichtigkeit abfließen können.

Ueber den Querschnitt des Schornsteins sei erwähnt, daß bei zu großer Weite sich Luft von oben nach unten in die Rauchkammer zieht, wogegen bei zu kleinem Querschnitte der Dampf sich an den Wänden stößt. Durch Versuche ist ermittelt, daß bei einem cylindrischen Schornsteine der vortheilhafte Querschnitt = etwa der Hälfte des Siederöhrenquerschnittes ist.

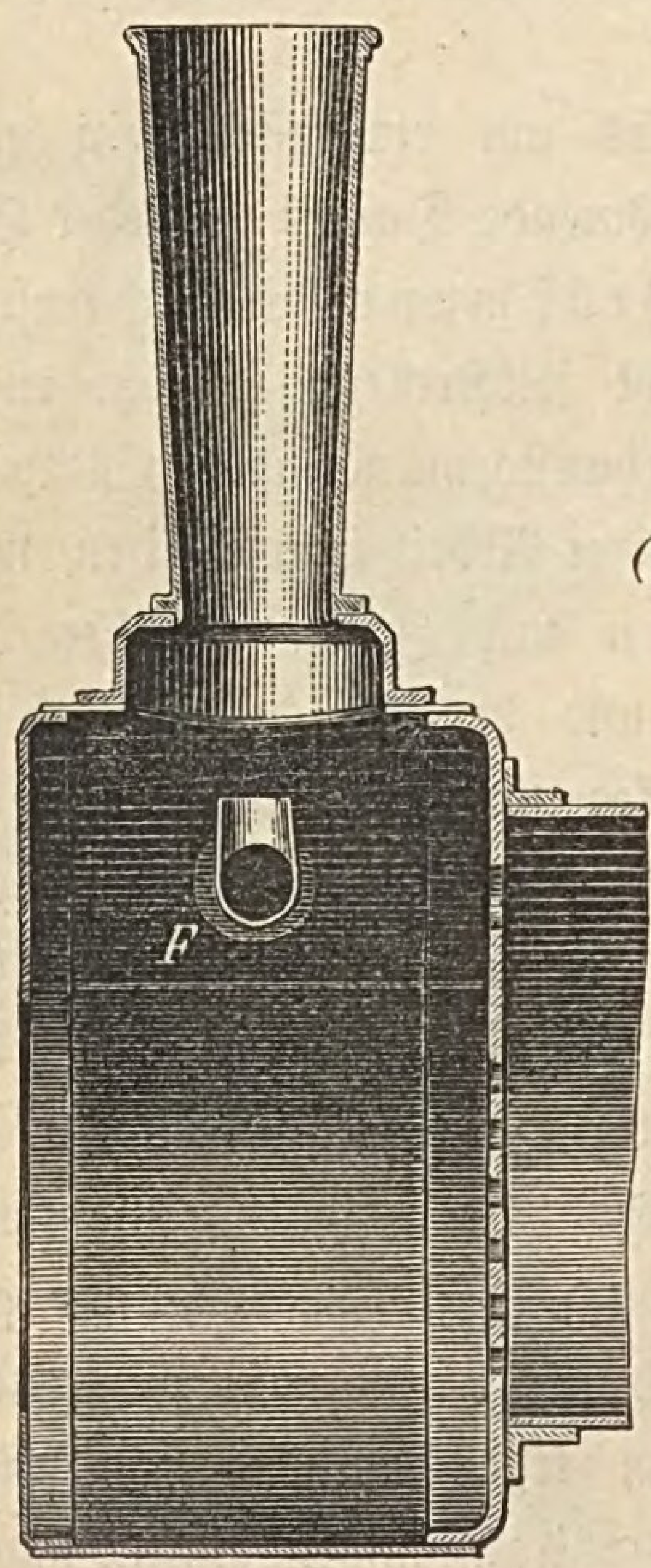
Von dem Gedanken geleitet, daß es am richtigsten sein muß, wenn der dem Ausgangsregulator entströmende Dampf in jeder Höhe der Schornsteinwandung anliegt, hat P r ü ß m a n n die Schornsteine kegelförmig gemacht; die Kegelform steht selbstredend in sehr engem Zusammenhange mit der Weite der Exhaustormündung. Es würde hier zu weit führen und den Zweck unserer Arbeit überschreiten, wenn wir auf die Versuche von P r ü ß m a n n und Z e u n e r über diese Schornsteine näher eingehen wollten; wir bemerken nur, daß die Exhaustormündung bei einem richtigen kegelförmigen Schornstein für dieselbe Wirkung auf das Feuer, also für denselben Luftzug, weiter als bei einem cylindrischen Schornstein sein kann, daß also bei Anwendung eines kegelförmigen Schornsteins der Rückdruck auf den Kolben heruntergezogen wird. Wenn der dem Exhaustor entströmende (kegelförmig auseinandergehende) Dampf überall der Schornsteinwandung sich anlegen soll, so ist es erste Bedingung, daß der Exhaustor ganz genau unter der Mitte des Schornsteins steht, und hat sich gezeigt, daß eine kleine Abweichung bei einem kegelförmigen Schornsteine schädlicher als bei einem cylindrischen ist; damit zusammenhängend machen sich die Exhaustoren mit veränderlichem Querschnitte bei cylindrischen

Schornsteinen besser. Bei kegelförmigen liegt der Schwerpunkt höher, was nicht wünschenswerth ist; auch stößt der Wind leichter in die größere Oeffnung und vermindert den Luftzug.

Man schneidet oft die Schornsteine oben schräg nach hinten ab, Fig. 2 und 5 auf Tafel 1 und 2, damit der beim Fahren verursachte Luftzug nicht unmittelbar in den Schornstein fährt und dem Abflusse des Dampfes hinderlich wird. Beim Rückwärtsfahren ist eine solche schräge Mündung schädlich; die Luft stößt in den Schornstein und ist die Dampferzeugung alsdann nicht besonders gut.

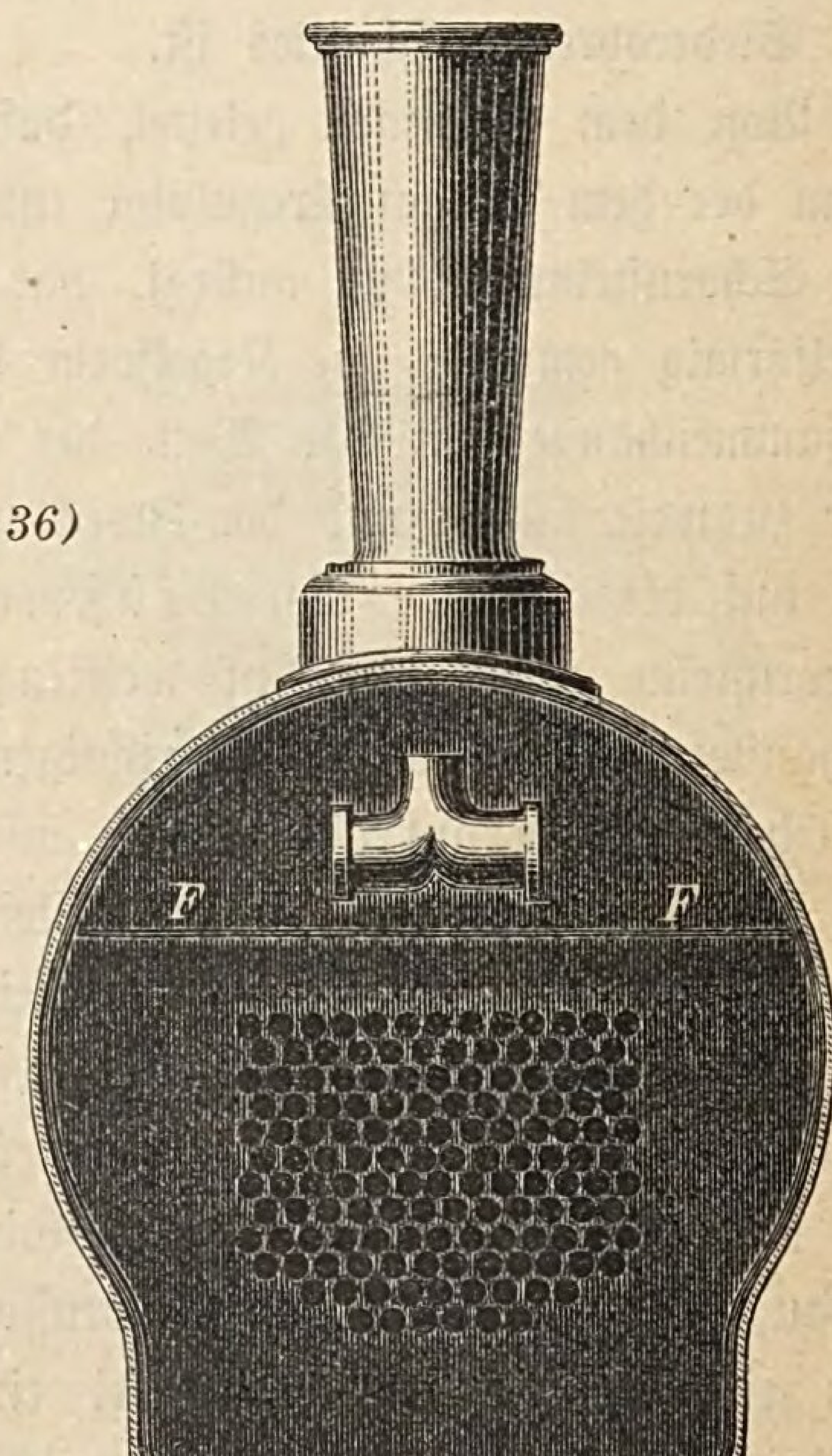
Die kegelförmigen Schornsteine bestehen häufig aus Gußeisen und haben dann einen ebenfalls gußeisernen Untersatz, Fig. 35 und 36.

Fig. 35.



(1:36)

Fig. 36.



Rauchkammer mit Funkenfänger, Exhaustor u. gußeisernem Schornstein.

Wenn der Schornstein stark kegelförmig ist, so hat die engste Stelle (Taille genannt) einen viel kleineren Querschnitt als der Gesammtquerschnitt aller Siederöhren; in Folge dessen dauert es bei solchen Locomotiven nach dem Anbrennen länger, bis sie Dampf bekommen.

5. Die Siederöhren.

Bis zum Jahre 1844 wurden die Siederöhren ausschließlich von Messing hergestellt. Versuche, die Messingröhren durch eiserne zu ersetzen, sprachen zu Gunsten der eisernen Röhren, so daß diese jetzt wohl allgemein eingeführt sind. Wenngleich Messing ein besserer Wärmeleiter als Eisen ist, auch die Erfahrung gelehrt hat, daß schmiedeeiserne Röhren wegen der rauheren Oberfläche mehr zum Ansetzen von Kesselstein geneigt sind, so ist doch nach Einführung derselben ein größerer Aufwand an Brennstoff oder eine merkbar minder gute Dampferzeugung nicht zu Tage getreten.

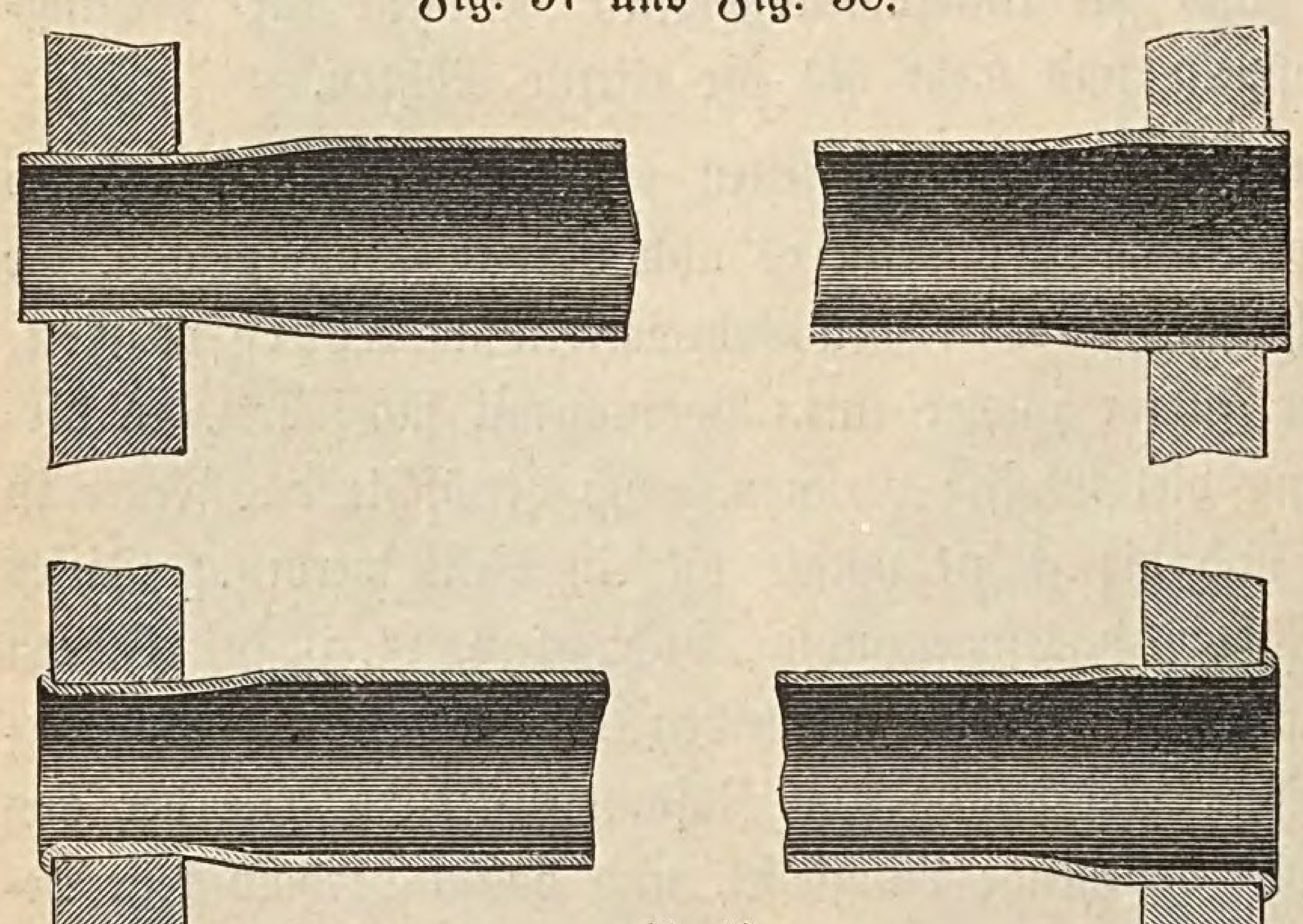
Der Preis und die Unterhaltungskosten betragen für Messingröhren das Doppelte und mehr als für eiserne Röhren.

Bei Messingröhren trat nicht selten ein vollständiger Querbruch hart an der Rohrwand ein; wenn es nicht schnell genug gelang, die betreffenden Rohrlöcher in den beiden Rohrwänden mit Rohrpfropfen, von welchen der Führer immer einen Vorrath mit sich führte, zu verschließen, so ging viel Wasser verloren, auch verlöschte das Feuer in der Feuerkiste, und die Fahrt mußte oft eingestellt werden. Dieses Abreißen von Röhren, das sogenannte „Rohrplatzen“, ist bei eisernen Röhren fast unbekannt. Letztere erleiden bei Erwärmung und Erkaltung die gleiche Ausdehnung und Zusammenziehung, wie der aus demselben Metalle bestehende Langkessel, und haben deshalb kein Bestreben, sich in den Rohrlöchern zu verschieben.

Es sind auch stählerne Siederöhren zur Verwendung gekommen, doch haben sich besondere Vortheile derselben gegenüber den eisernen Röhren nicht ergeben.

Die eisernen Siederöhren werden aus einem Stück gewalzt und der Länge nach über einander geschweißt, sie müssen vollkommen gerade, die Wandstärke nnd Rundung muß durchweg gleich, sie müssen innen und außen möglichst glatt, aus weichem Eisen und ohne Risse und Schiefer sein. Das Rohr soll sich an den Enden um 6 mm einziehen und ausweiten, sich auch im kalten Zustande im rechten Winkel umbörteln lassen, ohne daß es rissig wird. Bei einem inneren Drucke von 25 kg auf 1 qcm darf es keinerlei Undichtigkeit oder Formveränderung zeigen. Vor dem Einziehen wird ein jedes Rohr an dem einen Ende um 3 mm ausgeweitet und an dem anderen Ende um eben so viel eingezogen. Um den Unterschied von 6 mm der Durchmesser an beiden Enden wird die Bohrung in der vorderen Wand größer als in der hinteren. Der Zweck ist, daß die Röhren, wenn sie mit der Zeit ausgewechselt werden müssen, leicht von der Rauchkammer aus, auch wenn sie mit Kesselstein bedeckt sind, herausgezogen werden können.

Fig. 37 und Fig. 38.



(1:4)

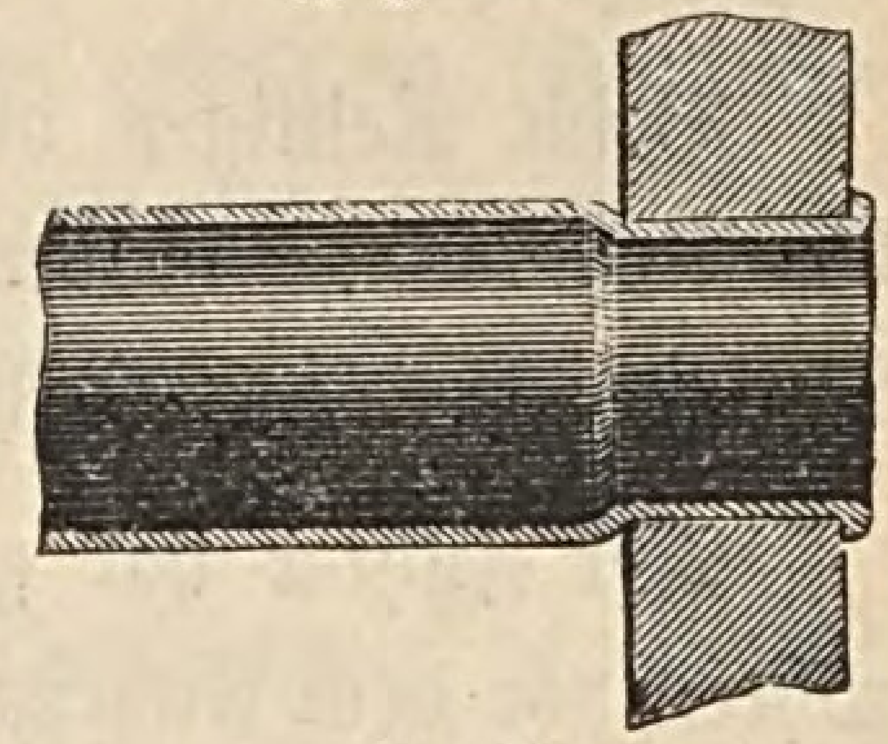
Sieteröhrendichtung.

Die Dichtung d. Siederöhren in den beiden Rohrwänden wird dadurch erreicht, daß sie ganz passend und straff in die genau gebohrten Löcher eingesetzt, dann mittelst kegelförmiger Dorne fest angetrieben und darauf an den auf beiden Seiten etwa 5 bis 7 mm aus den Rohrwänden vorstehenden Enden umgebörtelt werden. Fig. 37 u. 38

zeigen die beiden Enden einer Röhre vor und nach dem Umbörteln.

Oft zieht man das für die hintere Rohrwand bestimmte Ende des Rohres ganz scharf ein, so daß es einen Wulst bekommt, Fig. 39, welcher sich beim Eintreiben des Rohres von der Rauchkammer aus fest vor die hintere Rohrwand legt und so auch seinerseits zur Dichtung beiträgt.

Fig. 39.



(1:4)

Es kann nicht ausbleiben, daß beim Eintreiben des Dornes mit einem schweren Hammer die ganze Rohrwand eine Erschütterung erleidet, welche auf die benachbarten schon festsitzenden Röhren von schädlichem Einflusse ist und dieselben wieder undicht machen kann.

In neuerer Zeit werden deshalb die Rohrenden mit einem eigens zu diesem Zwecke eingerichteten Werkzeuge aufgerollt und dann umgebörtelt.

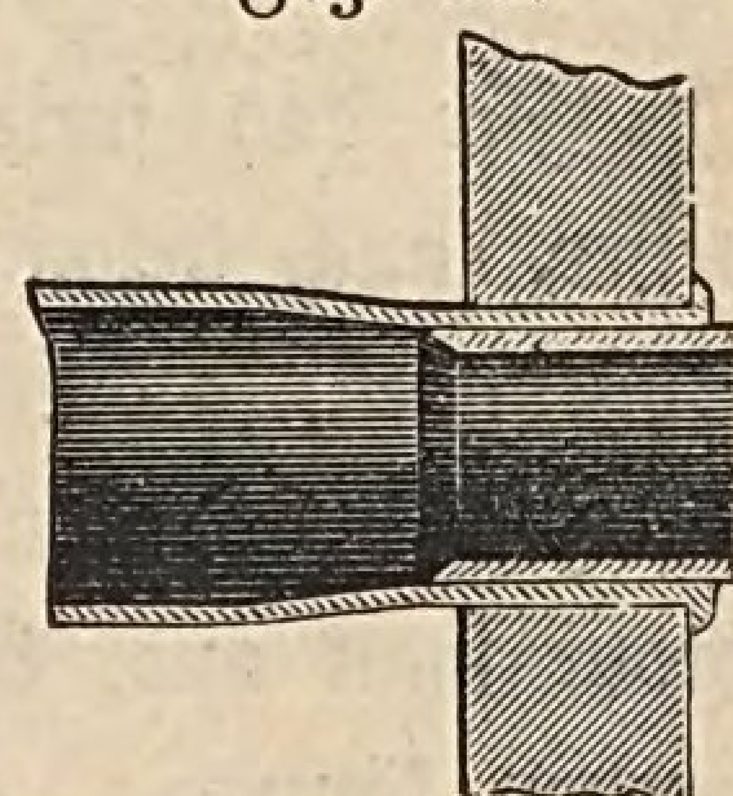
Dieses Werkzeug ist jetzt fast allgemein im Gebrauche, und wird das „Aufrollen" oder „Aufwalzen" für besser gehalten als das „Aufdornen".

Es empfiehlt sich nicht, den Bort mehr als 5 bis 7 mm vortreten zu lassen, eher weniger; kleinere Börtel bekommen nicht so leicht Risse, liegen sicherer überall an und brennen nicht so schnell ab, wie größere, weil sie weniger heiß werden.

Gut eingezogene Sieberöhren tragen sehr zur Versteifung der beiden Rohrwände bei.

Früher wurden, insbesondere bei Messingröhren, noch kurze, scharf eingepaßte und etwas kegelförmige Stahlringe, — Rohrringe oder Keilringe, auch Brandringe genannt —, in die Röhrenmündungen von der Feuerkiste aus eingetrieben, Fig. 40. Dieselben schützen die Börtel gegen die scharfe Stichflamme und verhindern auch

Fig. 40.



Brandring. (1:4)

das Durchreißen von größeren Stücken unverbrannten Brennmaterials, werden jedoch meistens nur dann benutzt, wenn die Börtel schon etwas abgenutzt sind.

Beim Reinigen der Siederöhren von der Rauchkammer aus sind die Brandringe hinderlich, auch verringern sie wegen Verengung des Querschnittes der Röhren den Zug.

Der Führer hat großes Gewicht darauf zu legen, daß die Siederöhren vor dem Anheizen der Maschine gut gereinigt — durchgestoßen — werden, weil verstopfte oder zum Theil mit Asche und Kohlenstaub angefüllte Röhren die Dampfentwickelung sehr beeinträchtigen. Ob die Röhren gut gereinigt sind, läßt sich beobachten, wenn in der Feuerkiste ein Licht vor dieselben gehalten und von der Rauchkammer aus durchgesehen wird. Auf dieselbe Weise wird festgestellt ob Röhren vielleicht von Wasser entblößt gewesen, in Folge dessen glühend geworden und platt gedrückt sind.

Die Wandstärke der eisernen Siederöhren ist etwa 3 mm, der äußere Durchmesser 46 mm; vom Langkessel müssen sie mindestens 52 mm entfernt bleiben, da sonst der Zwischenraum zu bald mit Schlamm angefüllt wird. Die Entfernung untereinander muß mit der Anzahl derselben wachsen. Bei der jetzt üblichen Anzahl von etwa 180 bis 200 Stück ist die Entfernung von Mitte zu Mitte etwa 64 mm.

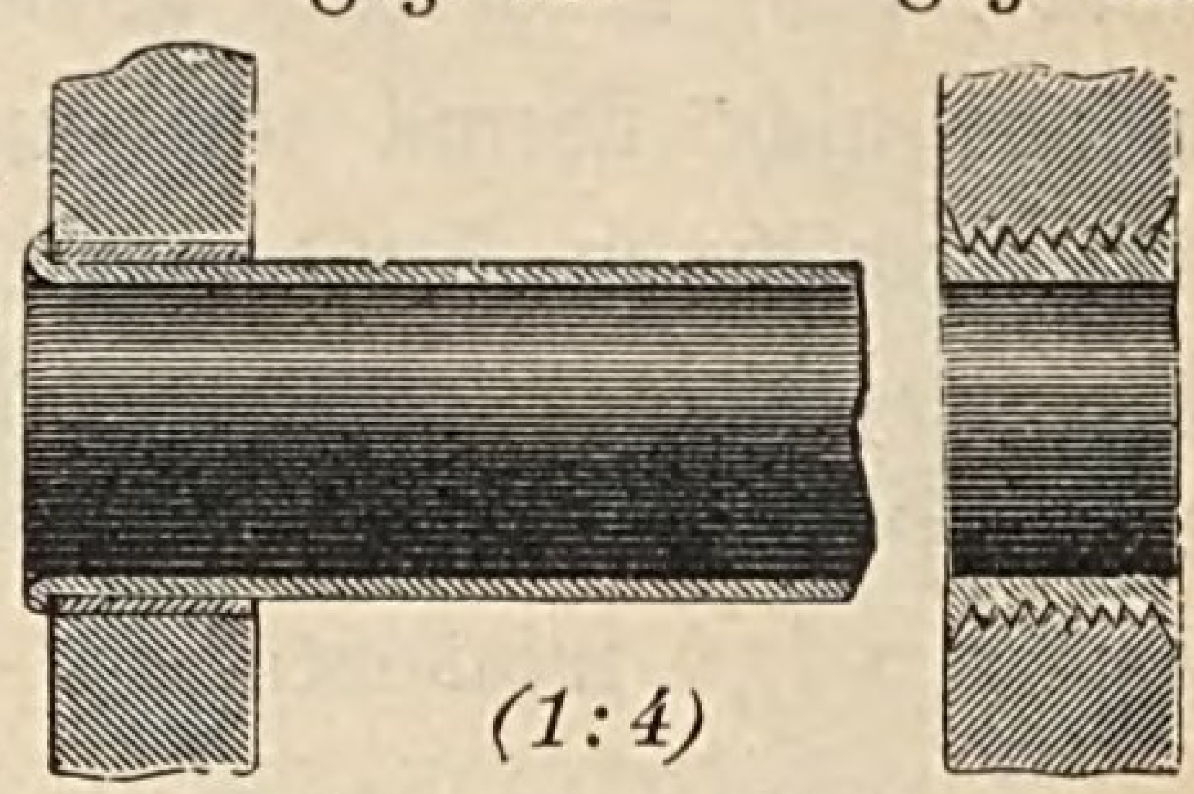
Die Lage der Siederöhren zu einander ist immer so angeordnet, daß die Verbindungslinien der Mittelpunkte dreier benachbarter Bohrungen ein gleichseitiges Dreieck bilden. Die Röhren liegen entweder in wagerechten oder senkrechten Reihen.

Für das freie Aufsteigen der Dampfblasen ist die zweite Lage besser, auch bekommt bei dieser Anordnung die obere Reihe weniger Bohrungen, so daß die Rohrwand in der oberen Ecke weniger geschwächt wird. Bevor man sich für die eine oder die andere Lage entscheidet, probt man aus, bei welcher Anordnung mehr Siederöhren eingebracht werden können.

Je kleiner der Durchmesser der Sieberöhren ist, um so eher verstopfen sie sich, und um so größer wird der Reibungswiderstand der durchströmenden Verbrennungserzeugnisse. Die engeren Röhren bedingen also einen engeren Exhaustor und dadurch einen größeren schädlichen Rückdruck auf den Kolben. Man darf daher, um eine größere Heizfläche zu erhalten, die Anzahl der Röhren nicht zu sehr auf Kosten des Durchmessers vergrößern.

Wenn mit der Zeit die Löcher in den Rohrwänden durch Aufreiben beim Einziehen neuer Sieberöhren zu groß geworden sind, so werden sie durch eingepaßte Buchsen wieder auf die richtige Größe gebracht; man treibt in die Löcher der vorderen Wand schmiedeeiserne Ringe, Fig. 41, wogegen die Löcher der Kupferwand eingeschraubte, an beiden Seiten umgenietete Kupferbuchsen erhalten, Fig. 42.

Fig. 41. Fig. 42.



(1:4)

Sieberohrbuchsen.

Beim Herausnehmen eines Sieberohres wird in der Feuerkiste der Börtel losgeschlagen, das Rohr an dem Ende eingetrieben und alsdann durch einen mit einem Absatz versehenen Dorn und Vorschlaghammer nach vorn geschlagen. Die beiden Enden des Rohres sind zum zweiten Male nicht zu benutzen; die ausgezogenen Röhren werden abgeschnitten und für einen kürzeren Kessel gebraucht, oder sie werden an dem einen Ende v o r g e s c h u h t. Die beiden zu verbindenden Stücke werden kegelförmig abgefräst, in einander gesteckt und verlöthet oder geschweißt. Auf eine gute Hartlöthung ist bei Anfertigung sehr großer Werth zu legen, da nicht vereinzelt eine undichte Fuge zu Betriebsstörungen Veranlassung gegeben hat.

Man giebt jetzt den Sieberöhren von vornherein oft Vorschuhe und zwar von besonders gutem Eisen oder Kupfer. Welches Metall für diesen Zweck besser ist, darüber sind die Meinungen noch getheilt.

6. Die Verankerung.

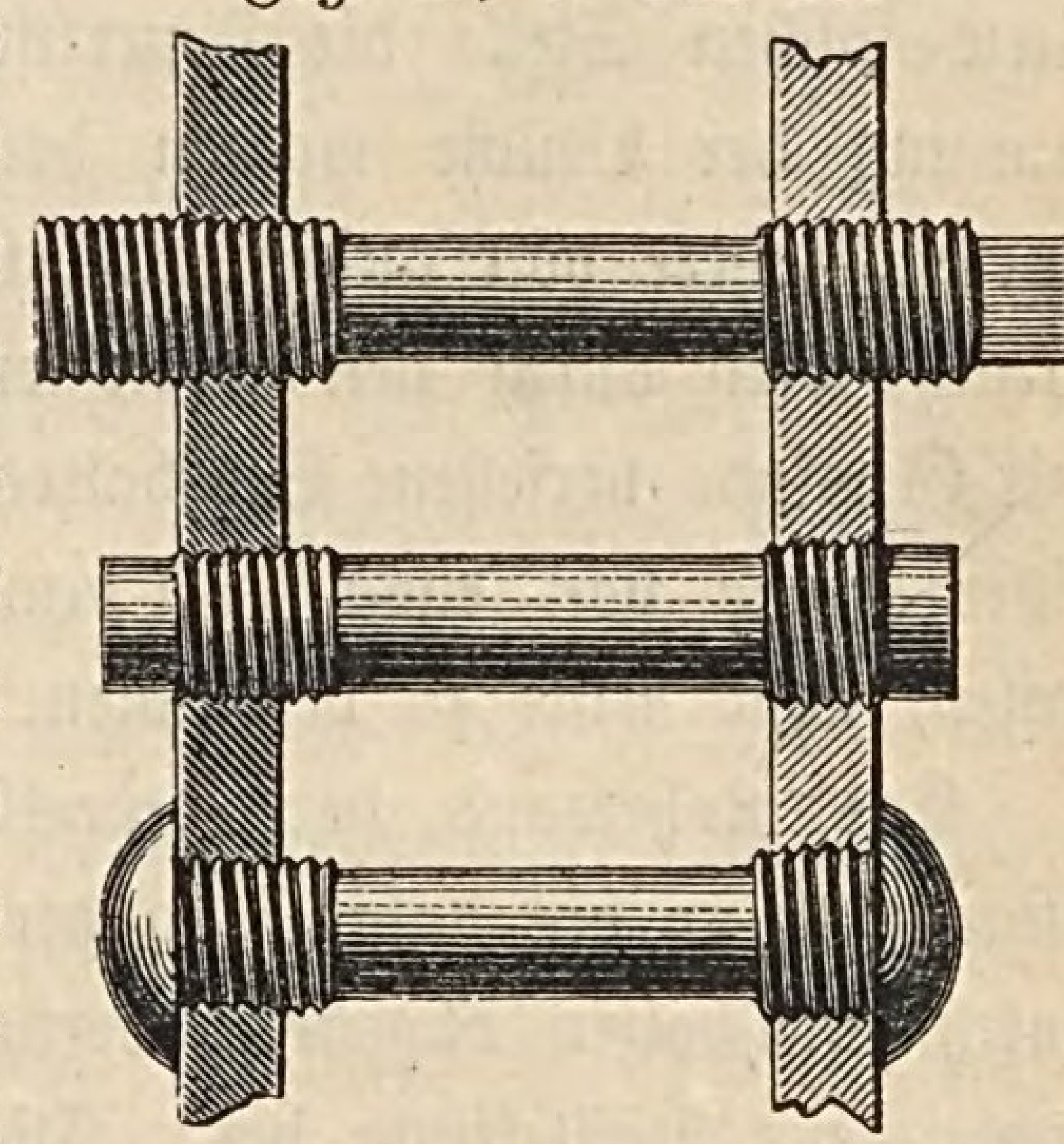
Der aus verschieden geformten Räumen — cylindrischen, halbcylindrischen, parallelepipedischen — bestehende Locomotivkessel erleidet im Innern nach allen Richtungen einen gleichgroßen Druck auf die Flächeneinheit, welchem er an jeder Stelle mit der größten Sicherheit widerstehen muß. Die Widerstandsfähigkeit einer Wand gegen Formveränderung ist, bei derselben Stärke, von ihrer Form abhängig, und zwar widerstehen flache Wände dem Drucke weniger gut als kugelförmige, cylindrische und gebogene. An einer anderen Stelle wurde angeführt, daß man das Kesselblech ungern über 15—18 mm stark macht, man ist deshalb genöthigt, wenn bei dieser Stärke die Kesselwände nicht überall eine genügende Widerstandsfähigkeit haben, an den schwächeren Stellen noch besondere Verstärkungen anzubringen; sie bestehen in Versteifungsbolzen, aufgenieteten Flach- oder Winkeleisen, Hängeeisen ꝛc., welche Theile man unter dem Namen „Verankerung" zusammenfaßt.

Zur Untersuchung, wo und in welcher Weise im Locomotivkessel zur Verhütung von Formveränderungen Verankerungen angebracht werden müssen, denken wir uns den Kessel ganz mit Wasser gefüllt. Der Versuch, mit einer kräftigen Druckpumpe immer mehr Wasser mit Gewalt nachzudrücken, wird, weil Wasser nicht zusammenpreßbar ist, zur Folge haben, daß einzelne Wände nachgeben, sich durchbiegen, also ihre Form ändern und schließlich reißen. Verfolgen wir die Vorgänge in den einzelnen Räumen und suchen die Mittel auf, den Formveränderungen zu begegnen, so werden wir am Schlusse unserer Betrachtung zu einem widerstandsfähigen Kessel und einer guten Verankerung gelangen.

Bei dem Nachpumpen von Wasser werden zu allererst die geraden Seitenwände der beiden Feuerkisten sich durchbiegen, und zwar die der inneren Kiste nach innen, die des Mantels nach außen; sie werden sich von einander entfernen, um mehr Raum für das nach-

gedrückte Wasser zu schaffen. Das Mittel, diese Durchbiegung zu verhüten, liegt nahe, man hält durch zwischengelegte „Stehbolzen“ die Wände in unwandelbarem Abstande von einander. Die Stehbolzen bestehen gewöhnlich aus Kupfer, selten aus Eisen, weil ersteres Metall dem Rosten nicht ausgesetzt ist, und weil die Köpfe in der Feuerkiste der Hitze besser widerstehen. Die etwas kegelförmigen Kupferbolzen werden von außen durch zwei gegenüberstehende Wände der Feuerkisten geschraubt, ringsum verstemmt und alsdann an beiden Enden mit Köpfen versehen. Die Natur des Kupfers erlaubt, die Vernietung in kaltem Zustande vorzunehmen. Man hat gefunden, daß die Nietköpfe von längerer Dauer sind, insbesondere nicht abblättern, wenn das Gewinde der vorstehenden umzunietenden Enden abgefräst wird; sind die vorstehenden Enden für den zu bildenden Kopf zu lang, so werden sie mit der Handbogensäge auf die passende Länge abgesägt. Durch Abmeißeln leidet das Gewinde in der Wand. Fig. 43, 44 und 45 zeigen einen kupfernen Stehbolzen vor und nach der Vernietung. Die Stärke desselben ist etwa 25 mm; die Entfernung von einander richtet sich nach der Stärke der Feuerkistenwände, und zwar nimmt sie mit der letzteren zu, sie ist bis 115 mm. Bei weitstehenden Stehbolzen füllen Schlamm und Kesselstein die Zwischenräume nicht so rasch an, auch lassen sich diese leicht reinigen, jedoch leiten die dadurch bedingten starken Wände die Wärme weniger gut und rasch.

Fig. 43, 44 und 45.



Stehbolzen. *(1:8)*

Schmiedeeiserne Stehbolzen werden von der Feuerkiste aus eingeschraubt. Der Kopf hat einen Ansatz, welcher genau in die Versenkung des Bohrloches paßt und hier dicht hält, während an der äußeren Seite ein kleiner Kopf kalt angestaucht wird.

Die Stehbolzen der oberen Reihen, welche erfahrungsmäßig am ersten brechen, weil sie am meisten auf Festigkeit beansprucht werden, worauf wir noch zurückkommen, haben oft an der äußeren Seite an Stelle der Nietköpfe Muttern, weil durch das Anstauchen des Kopfes das Gefüge des Eisens leidet.

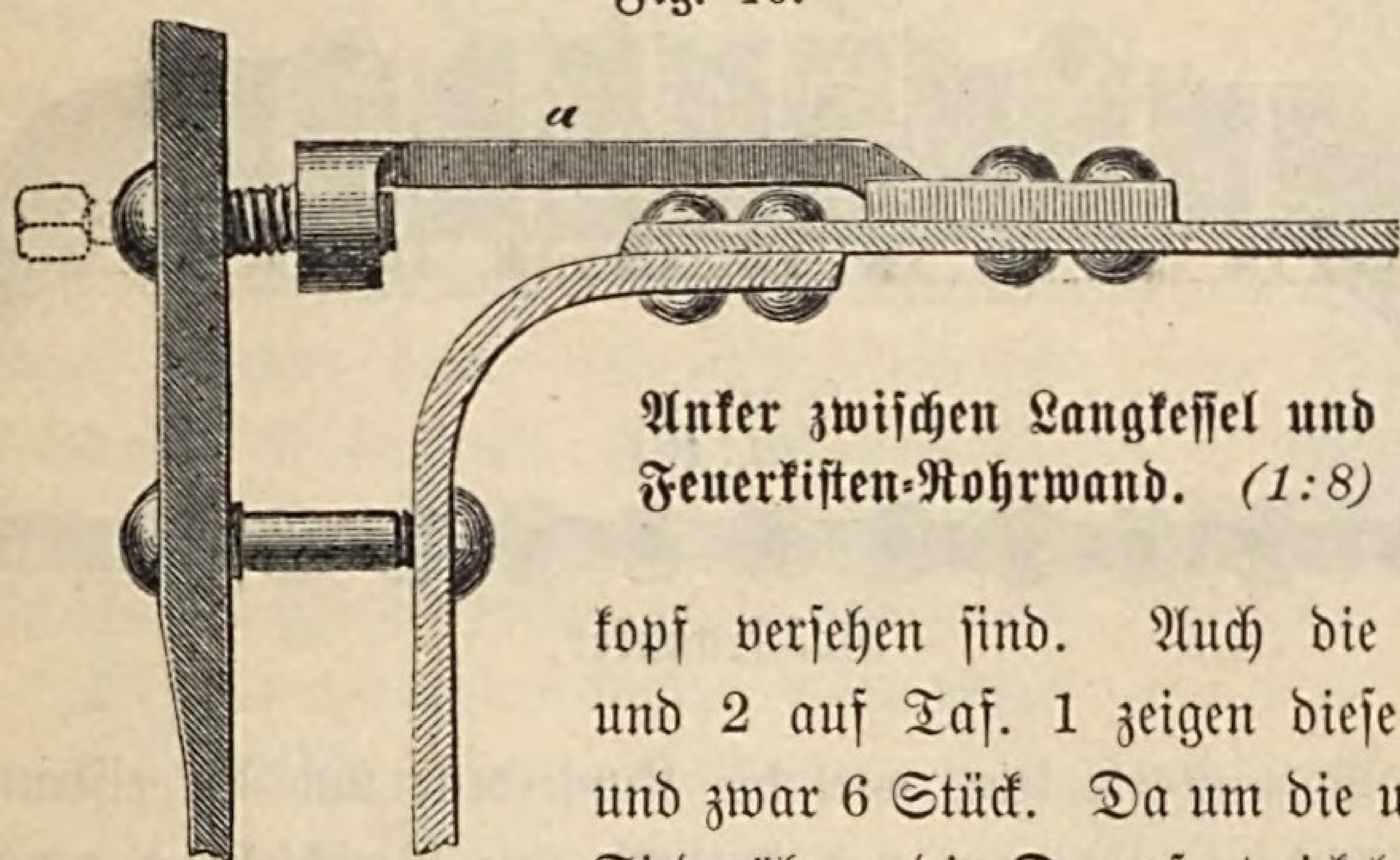
Da eiserne Bolzen dem Rosten ausgesetzt sind, so hat man dadurch das Wasser von denselben abgehalten, daß vor dem Einziehen durch zwei zugehörige Löcher ein dünnes Kupferrohr gezogen wurde, welches den Bolzen umhüllte und auch noch den Zweck einer guten Dichtung hatte.

Beim Bruche mehrerer benachbarter Stehbolzen ist eine größere Fläche der Wand nicht mehr gehörig abgesteift, und baucht sich an einer solchen Stelle die Feuerkiste leicht nach innen aus; zur Erkennung der Brüche werden deshalb die Bolzen mit einem 3 mm starken Bohrer von außen auf etwa 30 mm Länge angebohrt. Der Bruch wird durch den austretenden Wasserstrahl angezeigt. Gute, mit Gewinde versehene Stehbolzen müssen sich in kaltem Zustande bei einer Länge von etwa 180 mm mit ihren Enden zusammenbiegen lassen, ohne Risse zu bekommen.

Die Rohrwand der Feuerkiste kann mit der Vorderwand des Mantels nur bis dahin, wo der Langkessel in die Feuerkiste mündet, durch Stehbolzen abgesteift werden; von hier aus tragen die Sieberöhren zur Versteifung bei. Die Entfernung zwischen der untersten Sieberöhren- und der obersten Stehbolzenreihe ist in der Regel etwas groß, weil die Röhren mindestens 52 mm vom Langkessel abbleiben müssen, und die Stehbolzen, wegen der Verbindung zwischen Langkessel und Mantel, nicht bis an den ersteren reichen können; damit dennoch an dieser Stelle eine Durchbiegung so bald nicht zu befürchten ist, läßt man die Rohrwand bis zu den obersten Stehbolzen in einer Stärke von 22 bis 30 mm durchgehen und macht sie von hier an erst schwächer, 15 bis 17 mm, welche Stärke auch die Seitenwände haben. Wenn trotzdem eine weitere Verstärkung an dieser Stelle nöthig erscheint, so werden zwischen dem Langkessel und der Rohrwand

noch einige Anker a, Fig. 46, die meist aus Eisen, häufig aber auch aus Kupfer bestehen, eingelegt; sie sind mit dem Langkessel vernietet und treten durch die Rohrwand, an deren innerer Seite sie mit Niet=

Fig. 46.



Anker zwischen Langkessel und Feuerkisten=Rohrwand. *(1:8)*

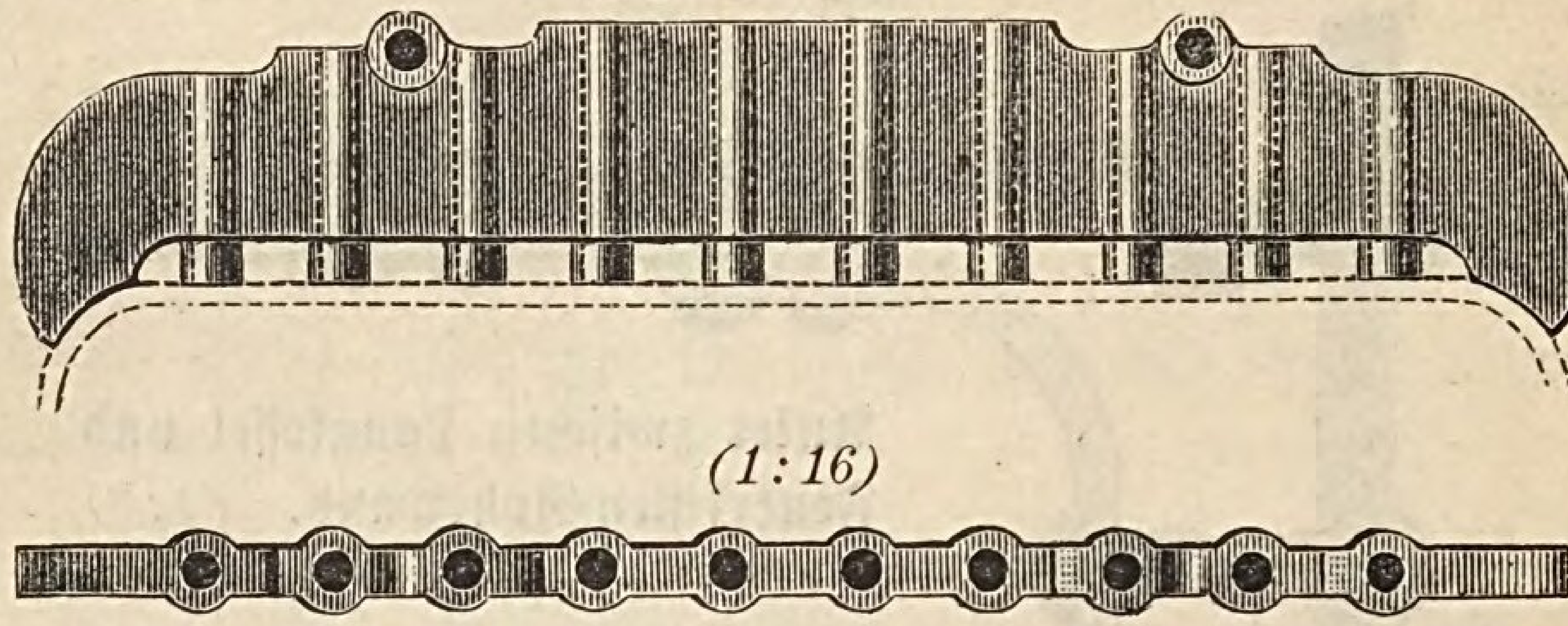
kopf versehen sind. Auch die Fig. 1 und 2 auf Taf. 1 zeigen diese Anker, und zwar 6 Stück. Da um die untersten Siederöhren die Dampfentwickelung am lebhaftesten, und deshab der Niederschlag des Kesselsteins am stärksten ist, so läßt sich nicht verkennen, daß diese Anker an einer ungünstigen Stelle den Raum noch mehr verengen.

Die flache, etwa 16—20 mm starke Decke der Feuerkiste wird durch hochkantig gestellte, mit der Decke verschraubte schmiedeeiserne Stäbe, Deckbarren, Deckenträger, oder Brückenanker genannt, verstärkt. In Fig. 1 und 2, Taf. 1, sind dieselben, 11 Stück, mit z z . . . bezeichnet. Diese Anker liegen in derselben Entfernung wie die Stehbolzenreihen von einander, und zwar in der Längenrichtung des Kessels oder der Quere nach. Erstere Anordnung ist immer dann vorzuziehen, wenn die Anker wegen sehr großer Länge der Feuerkiste nicht allzu hoch werden müssen, um stark genug zu sein.

Die Feuerkistendecke läßt sich bei der Längslage der Anker durch die Oeffnungen der Regulatorstopfbüchse und des Sicherheitsventiles, sowie überhaupt nach dem Besteigen des Kessels, leichter reinigen, auch können einzelne Anker bequemer untersucht und losgenommen werden.

Der Deckenträger, Fig. 47 und 48, ist an den Stellen, wo er durch die Bolzenlöcher geschwächt ist, oft aufgestaucht. Die Löcher müssen nach der Längenrichtung der Anker etwas länglich oder größer

Fig. 47 und 48.



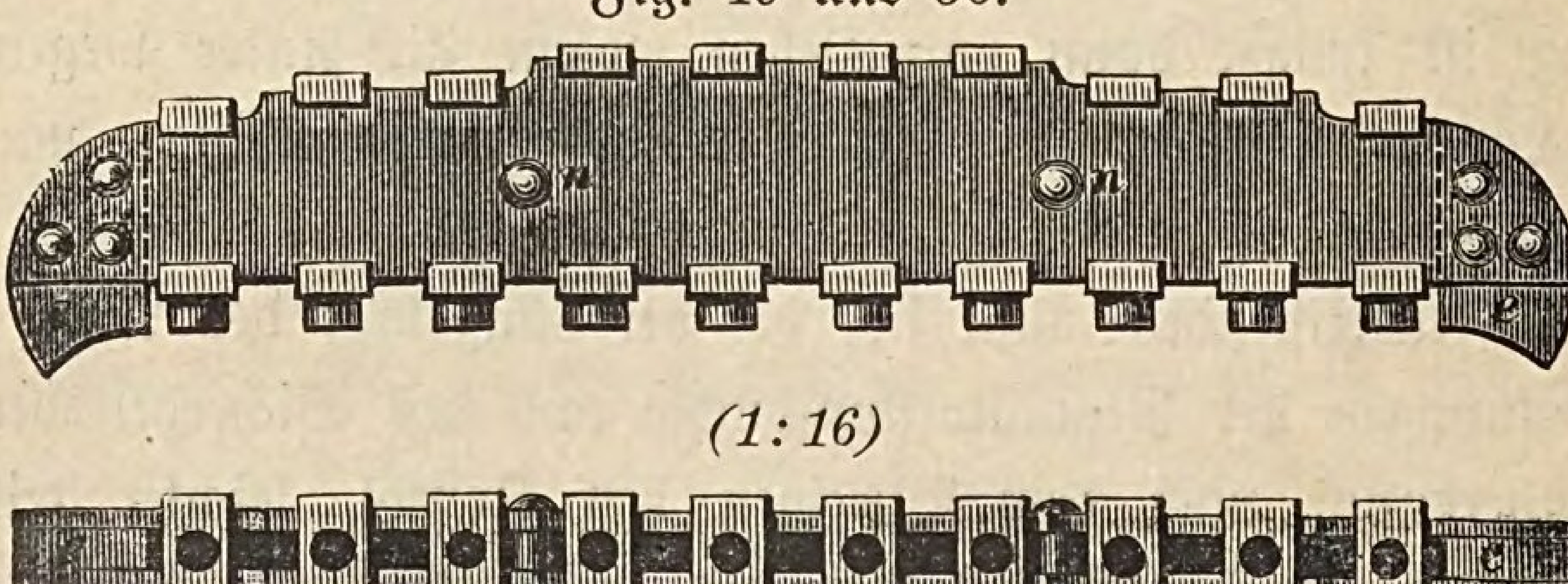
(1:16)

Brückenanker.

als die Bolzenstärke sein, weil die Kupferdecke und der eiserne Anker sich verschieden ausdehnen und deshalb eine Verschiebung gegen einander erleiden, an welcher der Bolzen nicht Theil nehmen darf. Die Anker liegen nur an den Stellen auf, wo die Bolzen durch die Decke gehen, und treten sonst 24—50 mm gegen die Decke zurück, damit das Wasser unter ihnen wegspülen kann. Der Abstand darf nicht kleiner genommen werden, weil er sich sonst leicht mit Kesselstein ausfüllt. Diese Anker sind theuer, auch leidet das Eisen beim Aufstauchen.

Billiger ist der in Fig. 49 und 50 gezeichnete Anker. Er besteht aus zwei Flacheisen, die durch einige Niete n n mit zwischen-

Fig. 49 und 50.



(1:16)

Brückenanker.

gelegten Rohrstückchen und an den Enden außerdem durch zwei eingenietete Eisenstücke e e verbunden sind und in der richtigen Entfernung von einander gehalten werden. Da, wo die Bolzen durchgehen, greifen unten und oben die Eisen t t über die beiden Theile, wie dieses der Durchschnitt in Fig. 51 verdeutlicht.

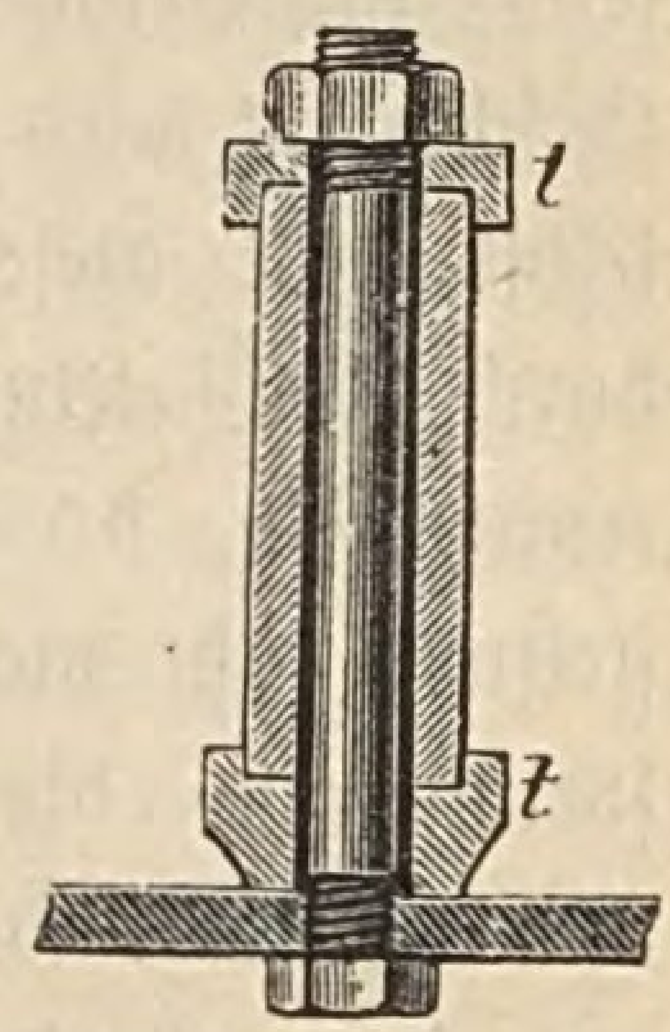
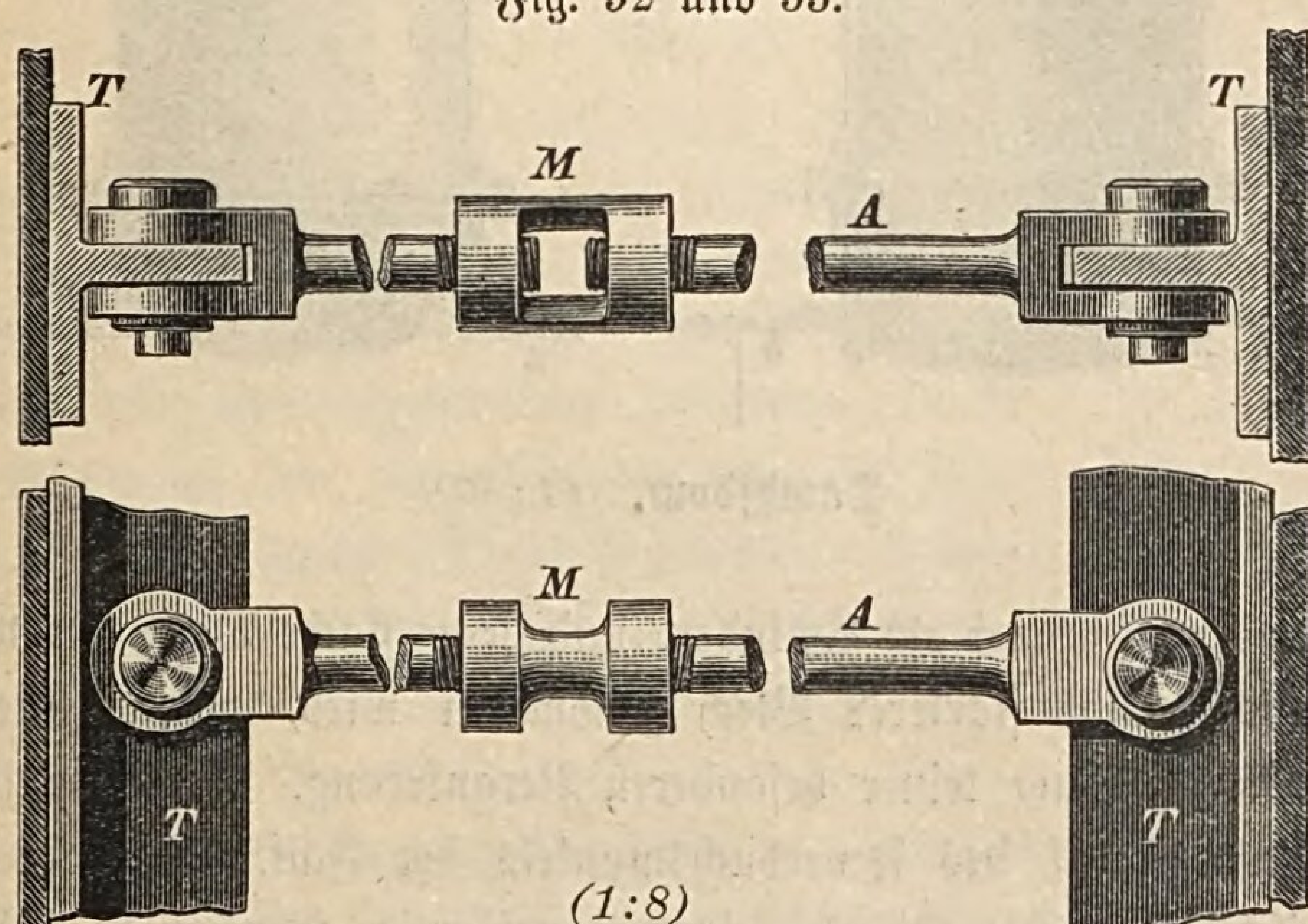


Fig. 51. (1:8)

Die Rückwand des Mantels oberhalb der Stehbolzen und die vordere Rohrwand über den Sieberöhren werden durch aufgenietete Winkel- oder T-Eisen T T verstärkt, Fig. 52 und 53; diese sind oft durch Längsanker A verbunden, welche durch den ganzen Kessel gehen und so die Wände auch gegen einander versteifen. Ein solcher Anker wird zweckmäßig aus zwei Theilen gefertigt und an einer zugänglichen Stelle im Kessel durch eine lange Mutter M mit Rechts- und Linksgewinden verbunden, durch welche man die beiden Wände

Fig. 52 und 53.



Längsanker.

fest gegen einander ziehen kann. Dieses ist auch dadurch zu erreichen, daß die Stange etwas zu kurz gemacht, durch Wärme auf die

passende Länge gebracht und dann eingelegt wird. Das Losnehmen eines auf diese Weise eingelegten Längsankers bereitet jedoch Schwierigkeit.

Der Langkessel widersteht bei hinreichender Wandstärke vermöge seiner cylindrischen Form dem Dampfdrucke ohne weitere Verankerung. Geschwächt wird er durch den Ausschnitt für den Dampfdom. Letzterer selbst hebt diese Schwächung nur unvollkommen auf, mag er nun durch Umbörtelung, Fig. 54, oder durch einen besonderen Winkelkranz, Fig. 55 w w, mit dem Langkessel verbunden sein. Zur Versteifung läßt man das Kesselblech nach innen einige Centimeter vorspringen — die Oeffnung wird also kleiner, als die Domweite — und verstärkt den vorstehenden Rand mit einem starken Flacheisen c c, das entweder außen, Fig. 55, oder innen, Fig. 54, oder außen und innen aufgenietet wird.

Fig. 54.

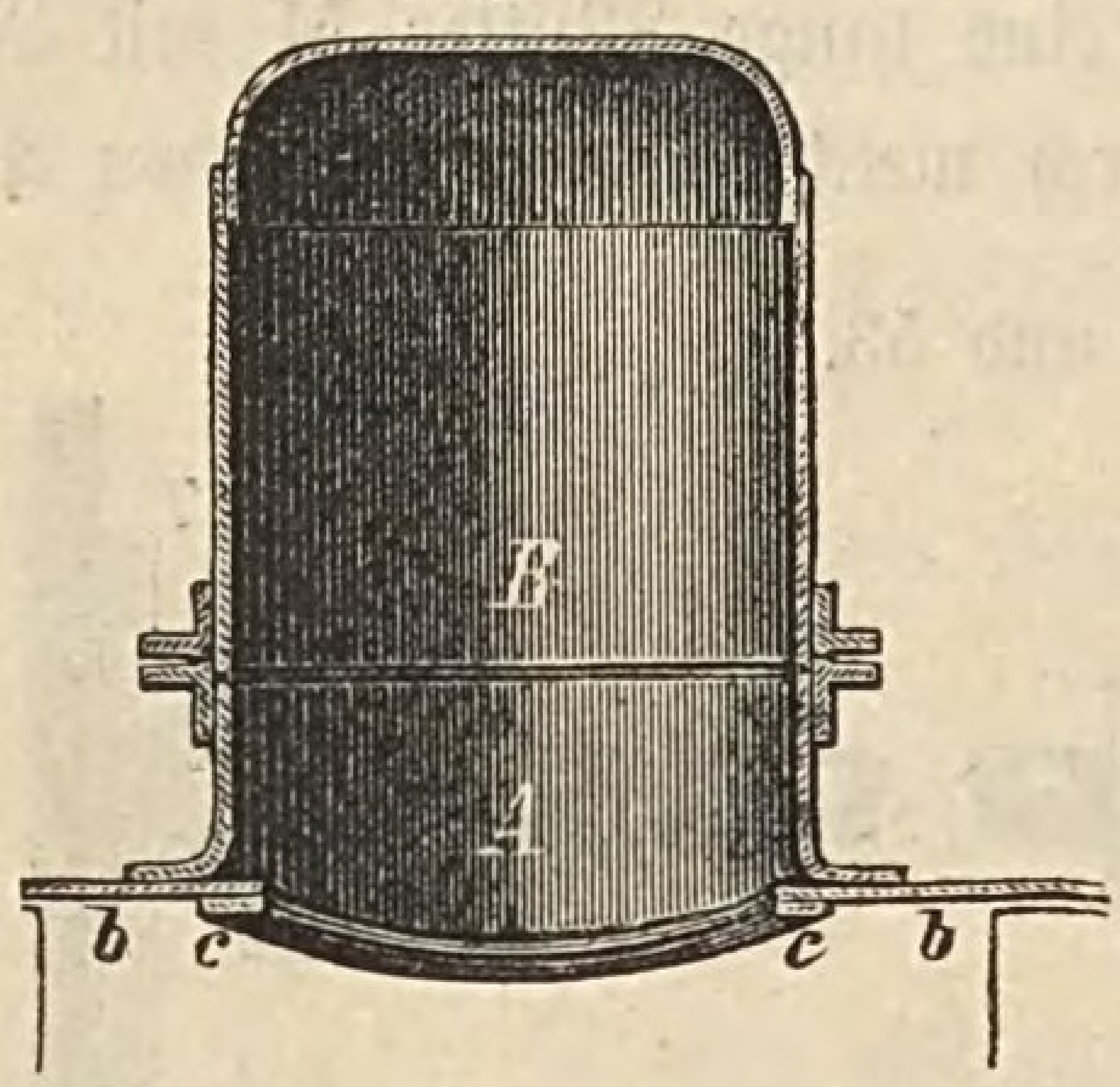
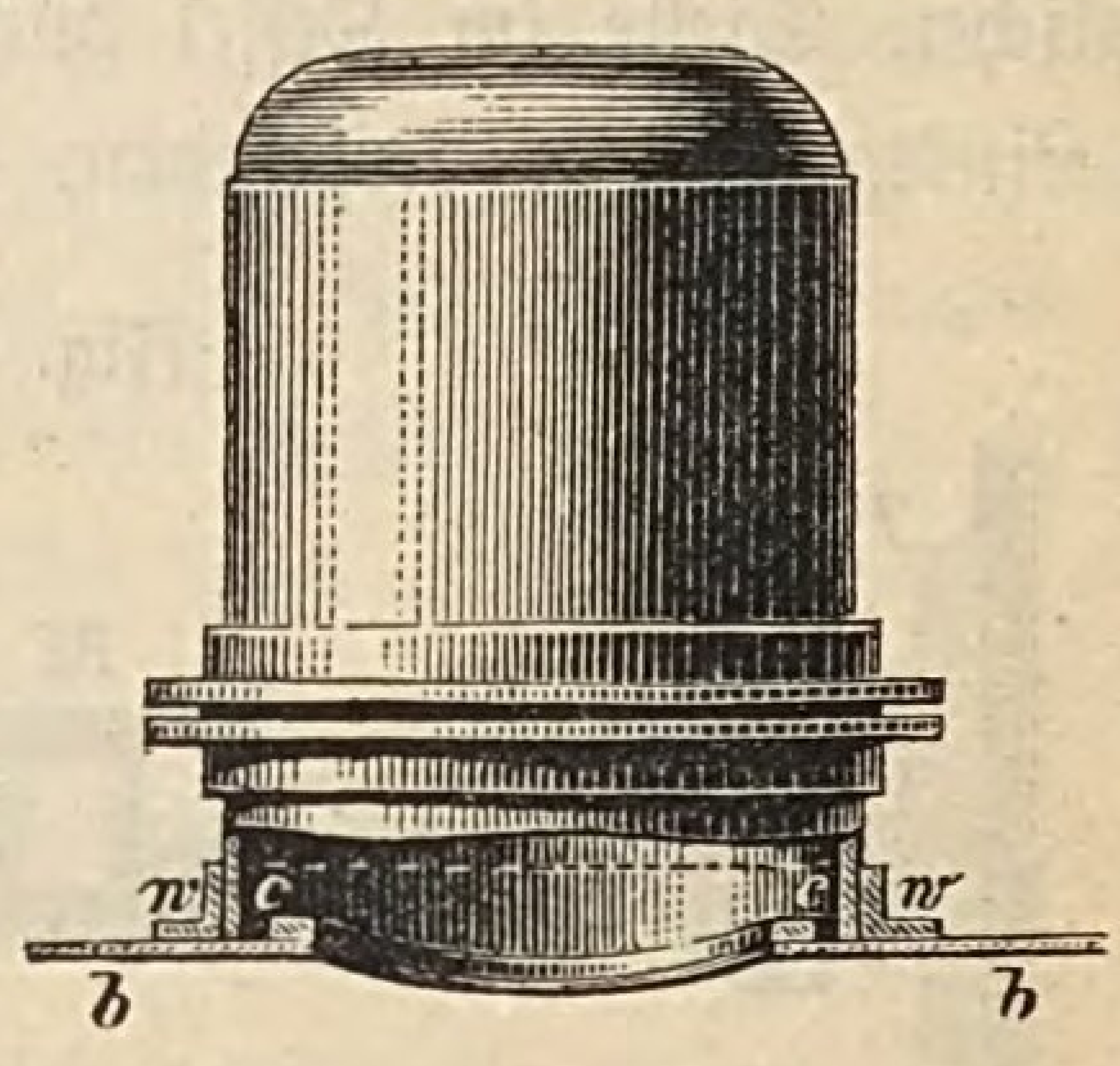


Fig. 55.



Dampfdom. *(1:36)*

Der Dom bedarf als Cylinder, und seine flache Decke, zu welcher gewöhnlich etwas stärkeres Blech genommen wird, wegen ihrer geringen Ausdehnung keiner besonderen Verankerung. Dasselbe ist mit dem oberen Theil des Feuerbuchsmantels der Fall, wenn er halbcylindrisch ist. Die Wände eines domförmig überbauten Mantels (Fig. 15 und 16) bedürfen dagegen noch einer besonderen Verankerung, welche dadurch erreicht wird, daß im Innern auf die Wände T-Eisen aufgenietet werden, die, allein schon zur Verstärkung bei-

tragend, noch zu zweien durch einige Zugstangen verbunden sind, welche die Entfernung der Wände von einander verhindern.

Denken wir uns den durch die bis dahin besprochenen Anker verstärkten Kessel einem noch größeren Wasserdrucke ausgesetzt, so werden noch zweierlei Formveränderungen eintreten: einmal wird die Verbindung zwischen Langkessel und Mantel nachgeben, so daß der Kessel oben länger wird, und wird zweitens auch die Feuerkiste durch den auf ihr lastenden Druck in sich zerdrückt. Die beiden Feuerkisten nehmen die in Fig. 56 und 57 punktirte Form an.

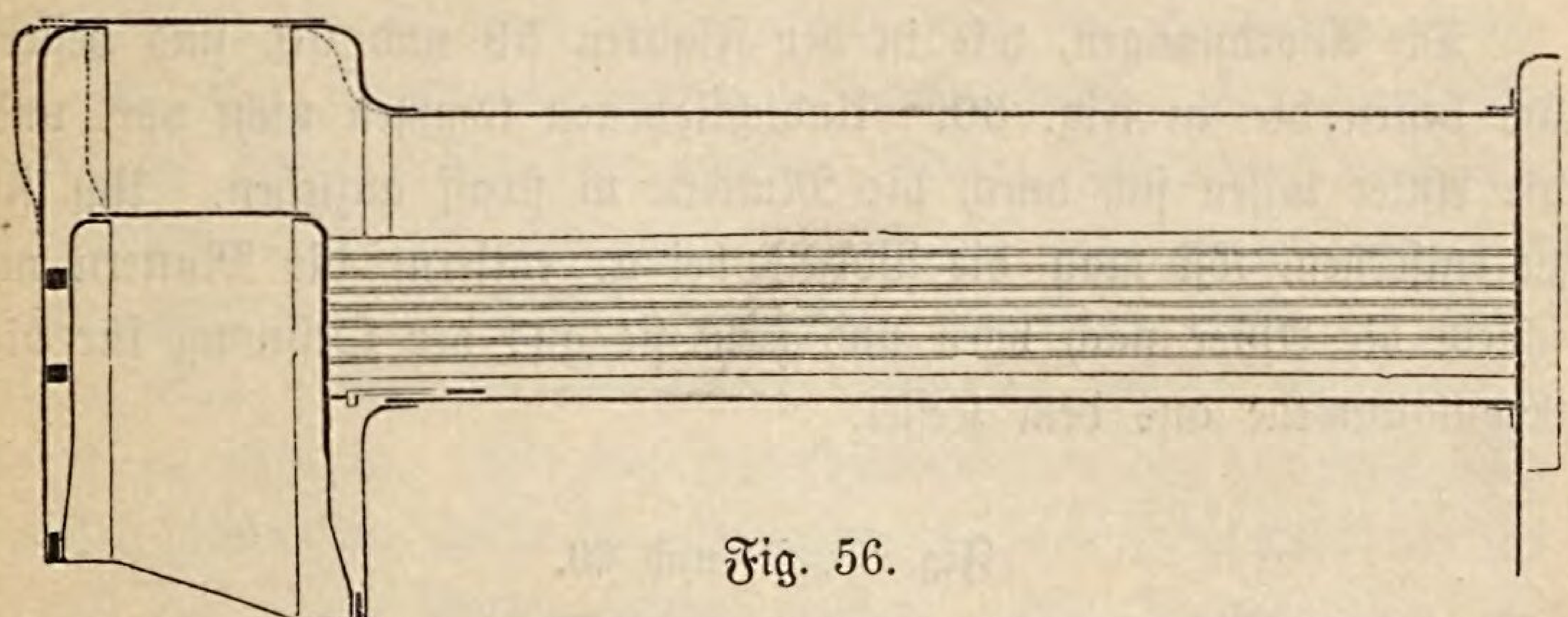


Fig. 56.

Bei einem Dampfdrucke von nur 10 Atmosphären ist, wenn die Feuerkiste 140 cm lang und 94 cm breit ist, der Druck auf die Decke gleich 2632 Ctr. (131 600 kg).

Die erste Formveränderung betreffend, so ist die Rohrwand der Feuerkiste im oberen Theile durch die Sieberöhren fest mit der vorderen Rohrwand verankert, so daß sie nicht ausweichen kann; auch die besprochenen kurzen Anker zwischen Langkessel und Feuerkisten-Rohrwand, und die Stehbolzen lassen eine Biegung hier nicht zu. Anders stellt sich der Fall in dem Verbindungsstücke zwischen Langkessel und Mantel oberhalb der Feuerkiste. Die Längsanker, welche oft die vordere Rohrwand und die Rückwand des Mantels versteifen, können an dieser Stelle kleine, mit der Zeit schädlich

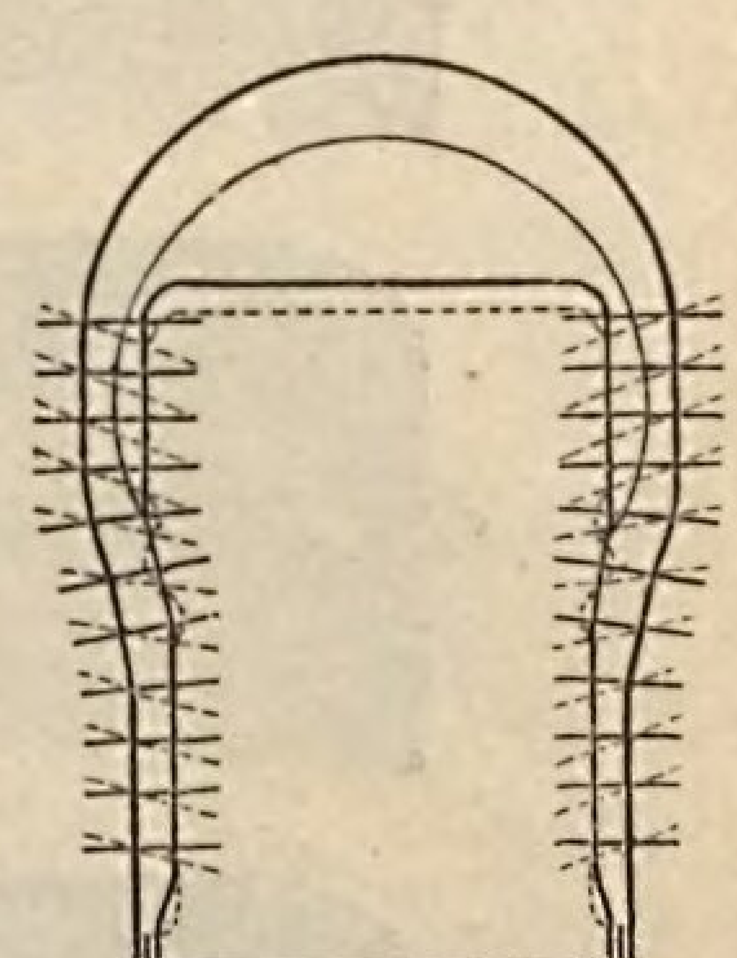
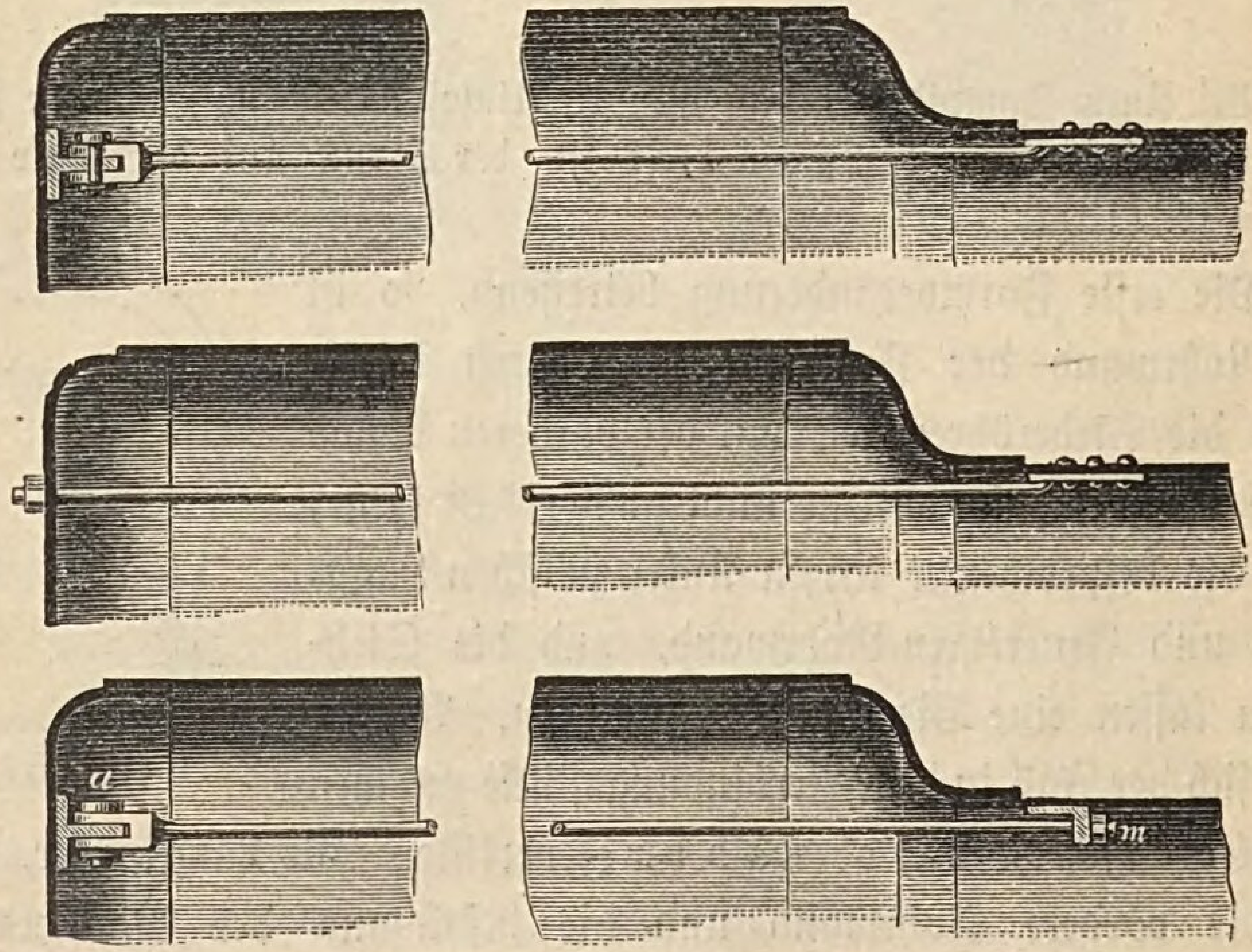


Fig. 57.

wirkende Biegungen nicht ganz verhindern; es werden deshalb zwischen Langkessel und Rückwand des Mantels noch besondere Anker angebracht. Die Anordnung in Fig. 58 ist nicht zu empfehlen. Die Bohrungen in der Kesselwand sind zwar durch Niete wieder geschlossen, so daß Undichtigkeiten nicht zu befürchten sind, jedoch hat diese Anordnung den Fehler, daß die Anker weder angezogen, noch so straff eingepaßt werden können, daß sie kleineren Biegungen durchaus entgegenwirken; auch ist die Entfernung derselben, welche bei Untersuchungen und Ausbesserungen nöthig werden kann, ohne Zerstörung der Nietung nicht möglich.

Die Anordnungen, wie in den Figuren 59 und 60, sind besser, am besten die in Fig. 60. Undichtigheiten kommen nicht vor, und die Anker lassen sich durch die Muttern m straff anziehen. Um sie zu entfernen, löst man die Bolzen bei a, entfernt die Muttern m, schiebt die Anker nach vorn und zieht sie aus der Oeffnung für die Regulatorwelle aus dem Kessel.

Fig. 58, 59 und 60.



Verankerungen. *(1:16)*

Es ist nicht zu unterlassen, das Winkeleisen im Langkessel bei y, Fig. 1, Taf. 1, zu unterbrechen, da sonst bei hohem Wasserstande, wenn der Langkessel fast ganz mit Wasser gefüllt ist, der Dampf der überhöhten Feuerkiste von dem Dampfdome abgesperrt ist.

Nachdem durch die zuletzt besprochenen Anker auch der Streckung des Kessels vorgebeugt ist, erübrigt nur noch, Mittel aufzufinden, das Zerdrücken der Feuerkiste zu verhüten.

Im Anfange des Locomotivbetriebes waren die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Locomotiven bescheiden; es genügte ein Dampfdruck von 5 bis 6 Atmosphären und eine Heizfläche, welche von der jetzt üblichen bedeutend übertroffen wird. Die Feuerkisten hatten in Folge dessen eine mäßige Größe, und die Anzahl der Siederöhren war viel geringer; die Wände der inneren Feuerkiste gingen gerade in die Höhe und waren, abgesteift durch die Stehbolzen, wohl im Stande, ohne Formveränderung, den auf ihr lastenden Druck zu ertragen. Mit den Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Maschinen mußte die Heizfläche, also die Feuerkiste und die Anzahl der Siederöhren, größer werden. Bis zu der Höhe der Hinterräder kann die Feuerkiste nicht breiter werden, weil die lichte Weite zwischen den Radreifen immer 1,36 m ist, es bleibt daher nur übrig, die Feuerkiste oberhalb der Räder zu verbreitern und sie länger zu machen; sie giebt dadurch selbst eine größere Heizfläche, und lassen sich außerdem mehr Siederöhren anbringen. Bei solchen Feuerkisten neuerer Art sind die Seitenwände ohne besondere Verankerung nicht mehr im Stande, den auf 10 bis 12 Atmosphären erhöhten Dampfdruck abzuhalten, und hängt man sie deshalb an Hängeeisen an dem Feuerkistenmantel auf.

In der Feuerkiste, Fig. 61 und 62, sind an den Mantel drei T=Eisen t t t senkrecht zur Kesselachse genietet, welche durch die Hängeeisen h h h und Bolzen mit einigen Deckenträgern, gewöhnlich 4 Stück, verbunden sind. Die T=Eisen können auch gleichlaufend mit der Kesselachse liegen, Fig. 63 und 64, jedoch sind dann 4 Stück

nöthig, welche den Druck nicht so gut auf den Mantel übertragen wie die querliegenden. Bei der Anordnung in Fig. 64 sind die Hängeeisen billiger und bequemer loszunehmen.

Fig. 61.

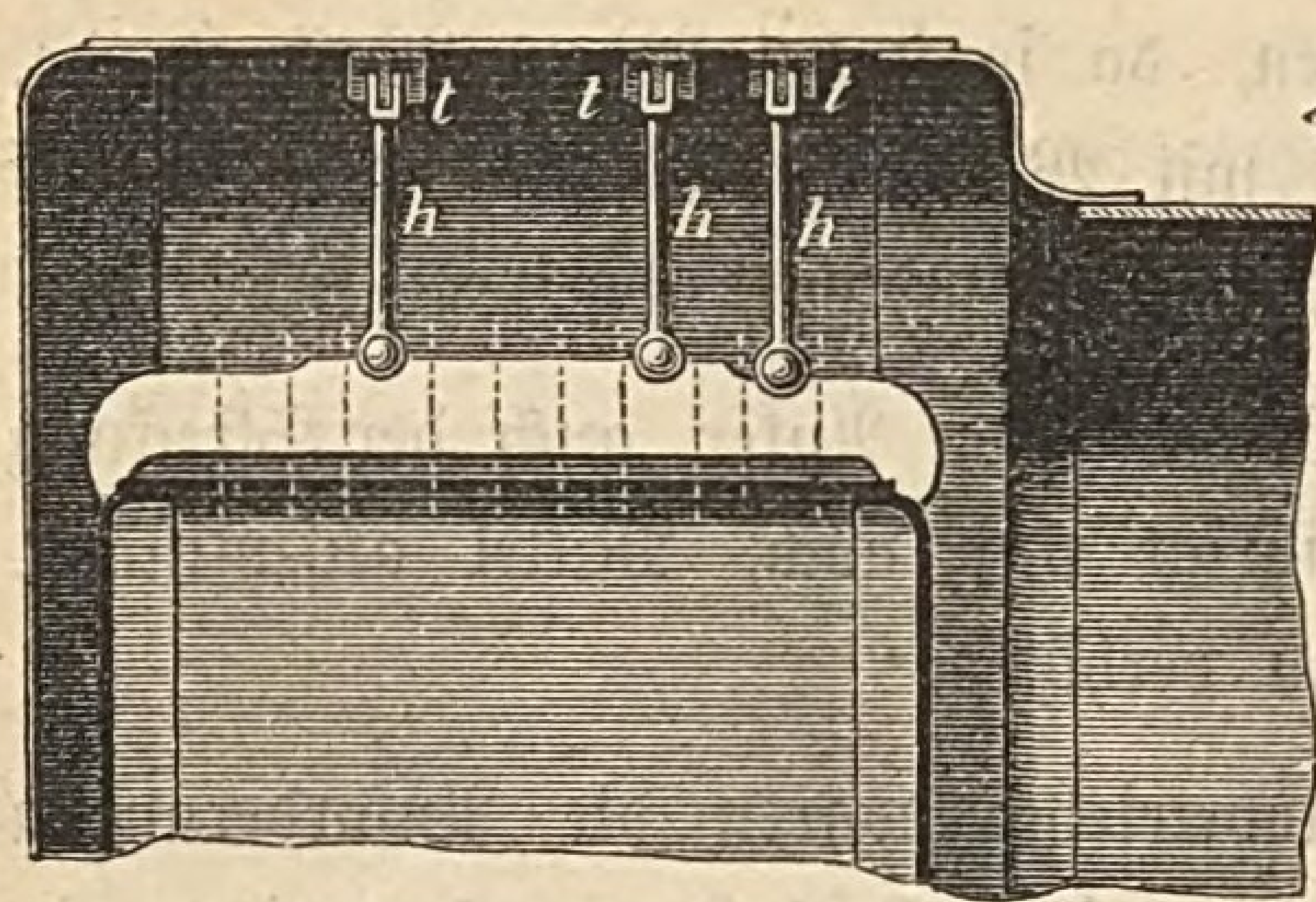
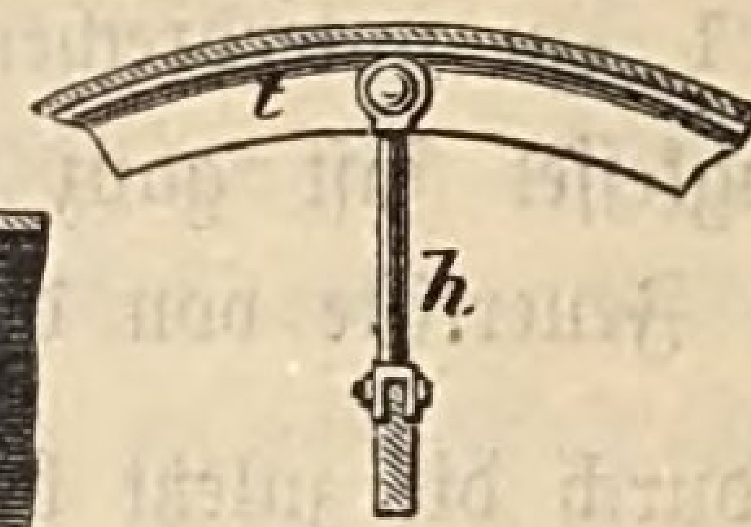


Fig. 62.



Hängeeisen. *(1:36)*

Will man einen Brückenanker in der in den Fig. 62 und 63 gezeichneten Weise drei Mal aufhängen, so thut man gut, zwei davon mehr nach der Rohrwand hin anzubringen, weil diese durch die Siederöhren nicht so gut abgesteift

Fig. 63.

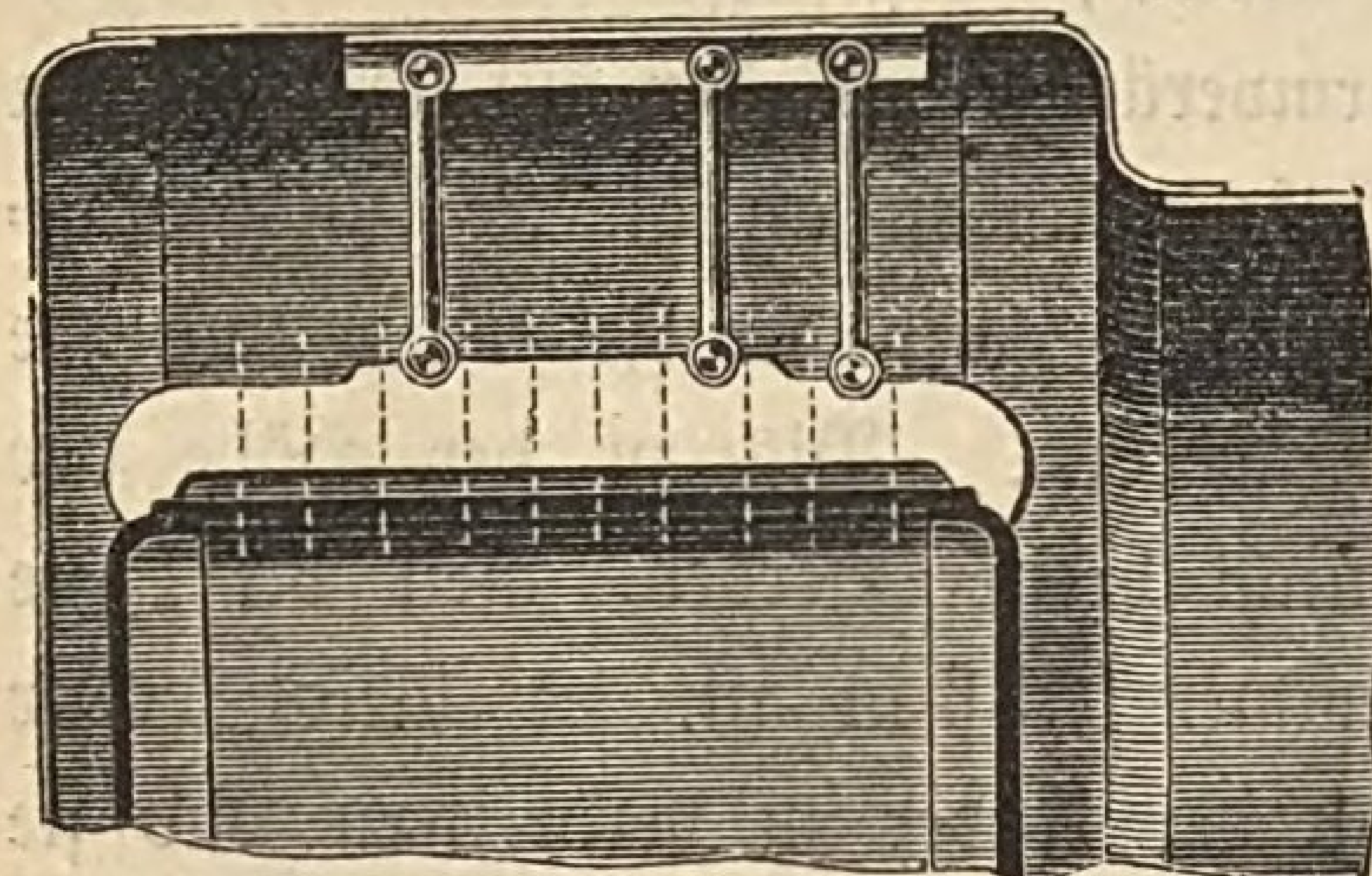
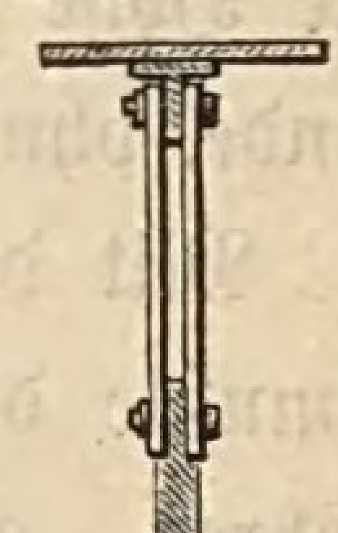


Fig. 64.



Hängeeisen. *(1: 36)*

Fig. 65.

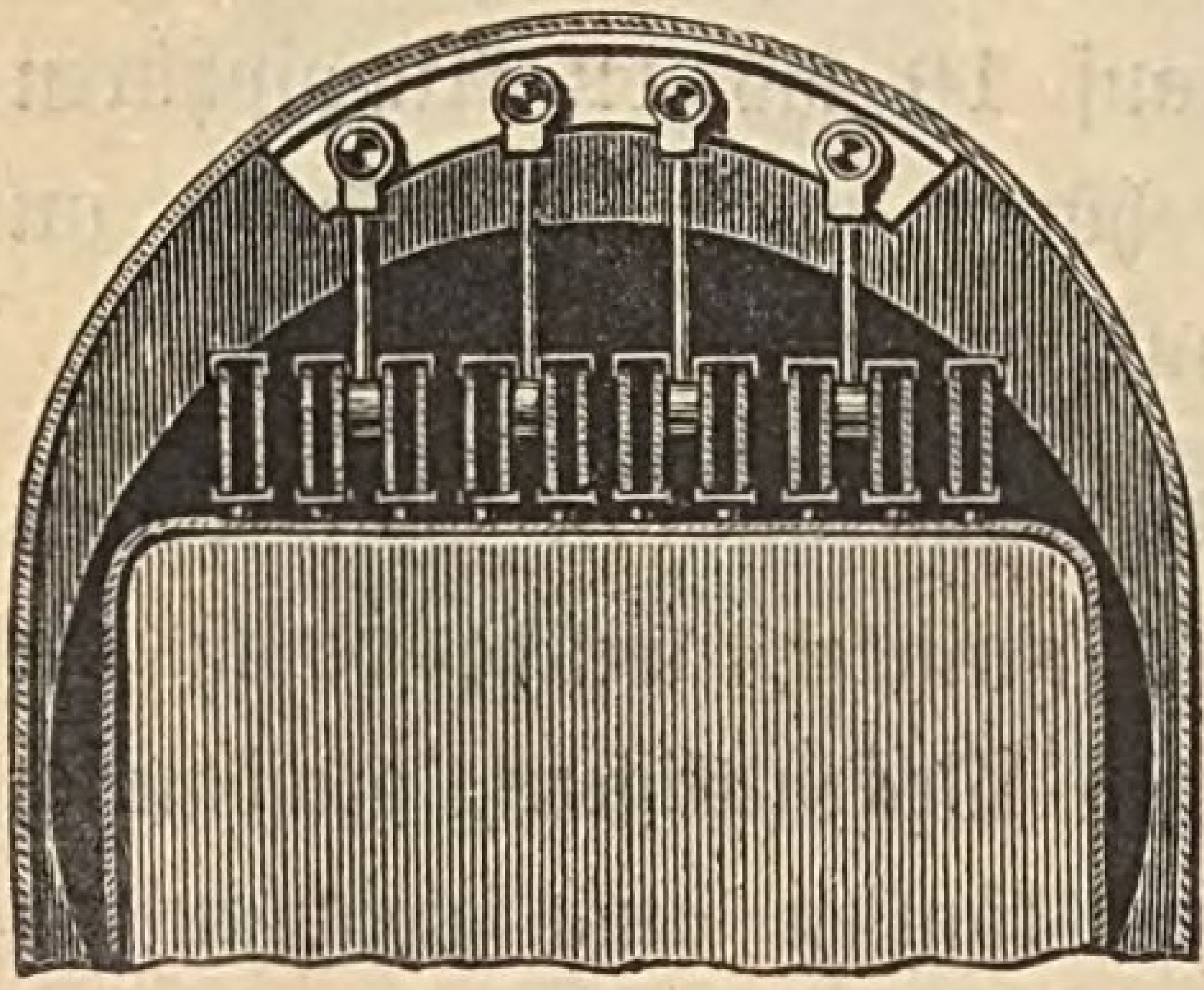
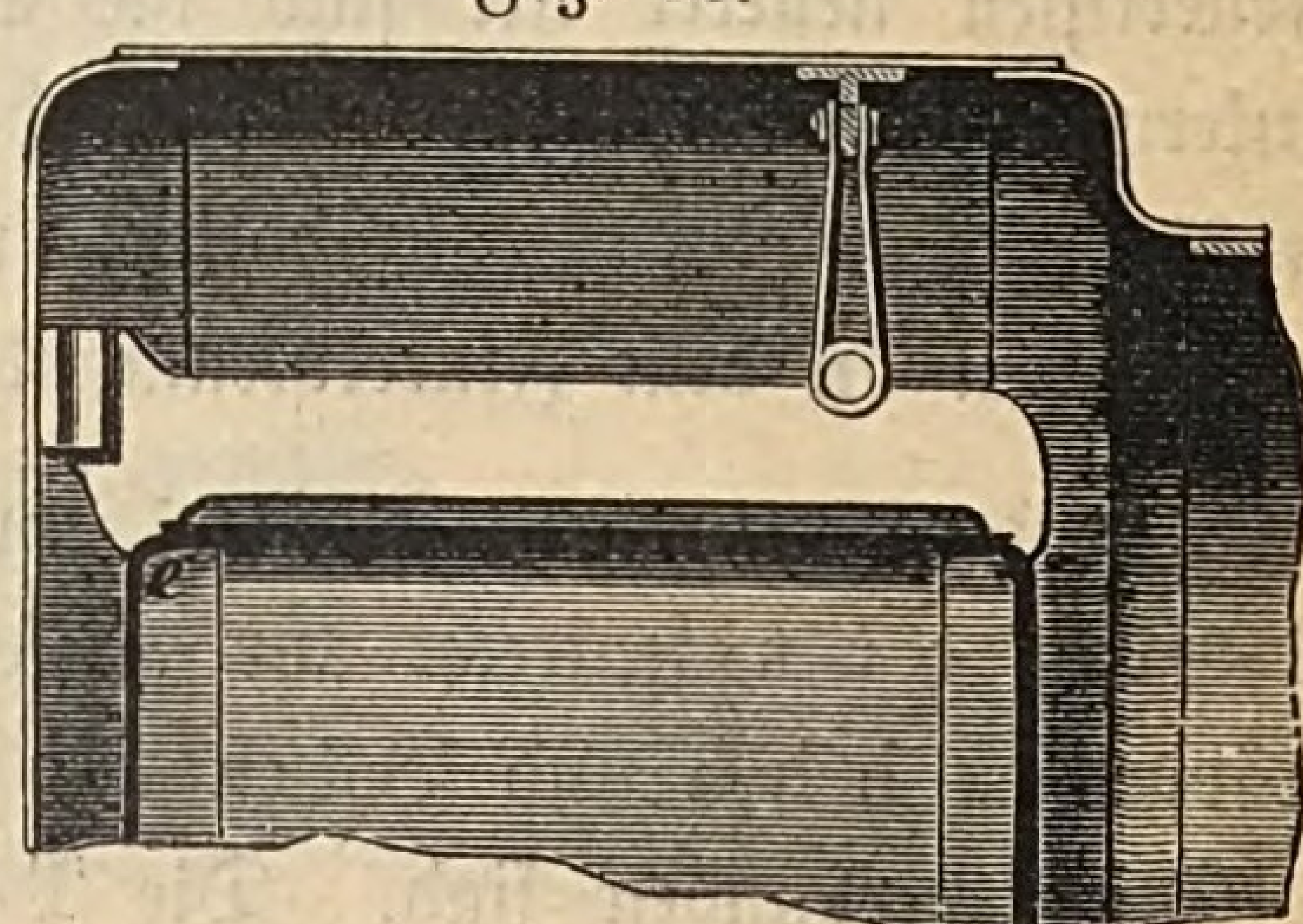


Fig. 66.



Hängeeisen. *(1:36)*

ist, wie die Thürwand durch den Thürring und die höher sitzenden Stehbolzen.

An einem Hängeeisen können auch zwei Brückenträger aufgehängt werden, Fig. 65; diese bedürfen alsdann keines Auges und sind deshalb billiger.

Weniger häufig ist die Verankerung der Fig. 66. Die Deckenträger sind mit der Rückwand des Mantels vernietet und zu je zweien mittelst eines umgebogenen Stückes Flacheisen aufgehängt. Bei dieser Anordnung leidet die hintere Ecke der Feuerkiste bei e. Die Decke wird hier durch die Vernietung mit der Mantelrückwand fest gehalten und muß sich daher bei Streckung der Feuerkiste um diese Ecke drehen. Da außerdem die Festigkeit der ganzen Verankerung zu wünschen übrig läßt, so dürfte sie überhaupt nicht zu empfehlen sein.

Die zuerst besprochene Aufhängungsweise leidet an dem Uebelstande, daß sich bei Untersuchungen und Ausbesserungen die Hängeeisen schwer losnehmen lassen; sie und die Bolzen werden so sehr mit Kesselstein bedeckt, daß in den meisten Fällen nur erübrigt, sie abzuhauen und später zu erneuern. Noch ein anderer Umstand, welcher nicht so bald in die Augen fällt, ist bei dieser Anordnung schädlich: bei dem Anheizen der Maschine überträgt die kupferne Feuerkiste die Wärme auf das Wasser, sie ist daher immer wärmer als die äußere Feuerkiste, und tritt deshalb, um so mehr, weil Kupfer überhaupt sich in der Wärme mehr ausdehnt als Eisen, eine Streckung der inneren Feuerkiste nach oben ein; wenn nun die Bolzen nicht lose in den Hängeeisen sitzen oder, wenn von vornherein die Löcher in diesen nicht etwas länglich gemacht sind, müssen die Hängeeisen bei der Streckung der Feuerkiste sich biegen oder brechen.

Wenn der Dampf die zulässige Spannung erreicht hat, so wird die Feuerkiste durch den großen Druck wieder heruntergedrückt; eine vollkommene Aufhängungsart darf dieses nur bis dahin zulassen, wo die Feuerkiste im kalten Zustande stand, da eine weitere Senkung schädlich ist. Das Hängeeisen muß deshalb scharf eingepaßt sein, d. h. der obere Bolzen muß gut passen und keine Luft im Loche

haben, und der untere Bolzen muß in dem länglichen Loche des Hängeeisens unten fest aufliegen, wenn die Maschine in kaltem Zustande ist. Der Raum zwischen den beiden Decken der Feuerkisten ist so wenig zugänglich und bequem zum Arbeiten, daß dieses selten der Fall ist, und tritt deshalb fast immer eine kleine Senkung der Feuerkiste ein, bevor solche Hängeeisen zur Wirkung kommen, d. h. eine weitere Senkung verhindern. Zunächst leiden dadurch die vordere und hintere Ecke der Feuerkiste, welche erfahrungsmäßig auch am ersten zerstört werden. Daß Verschiebungen der Feuerkiste wirklich vorkommen, beweist das Verhalten der Stehbolzen, welche in den oberen Reihen, wo die Verschiebung am größten ist, oft brechen.

An einer anderen Stelle wurde erwähnt, daß man den Zwischenraum der Feuerkisten oben größer macht, um das Aufsteigen der Dampfblasen zu fördern: diese Anordnung kommt auch den Stehbolzen zu Gute, da sie bei der größeren Entfernung der Feuerkistenwände oben länger werden und deshalb die von unten nach oben größer werdende Verschiebung der Feuerkiste besser ertragen können.

Eine andere Art, die Feuerkiste aufzuhängen, ist die, daß man einzelne Schraubenbolzen, mit welchen die Deckenträger aufgeschraubt sind, nach oben verlängert, sie durch die äußere Feuerkiste durchtreten läßt und durch eine Mutter anzieht, Fig. 67. Wenngleich diese Anordnung bedingt, daß der Mantel durchbohrt wird, so lassen sich doch die Bohrungen dicht halten, und giebt das Anziehen der Muttern die Sicherheit, daß die Hängeeisen ihren Zweck vollkommen erfüllen.

Wenn nöthig, lassen sie sich ohne Schwierigkeiten entfernen.

Fig. 68 zeigt diese Anordnung in einem größeren Maßstabe. Auf die äußere Feuerkiste werden Sättel von Schmiedeeisen genietet, welche den Zug der Hängeeisen auf eine größere Stelle vertheilen; je nach dem Platze, der auf der Decke zur Verfügung steht, macht man für ein oder für mehrere Hängeeisen einen solchen Sattel S. Die Mutter m, mit welcher das Hängeeisen angezogen und gehalten wird, hat einen Ansatz a, der, in eine Vertiefung des Sattels passend, Sicherheit gegen Beschädigung des Gewindes bietet. Die Dichtung

Fig. 67.

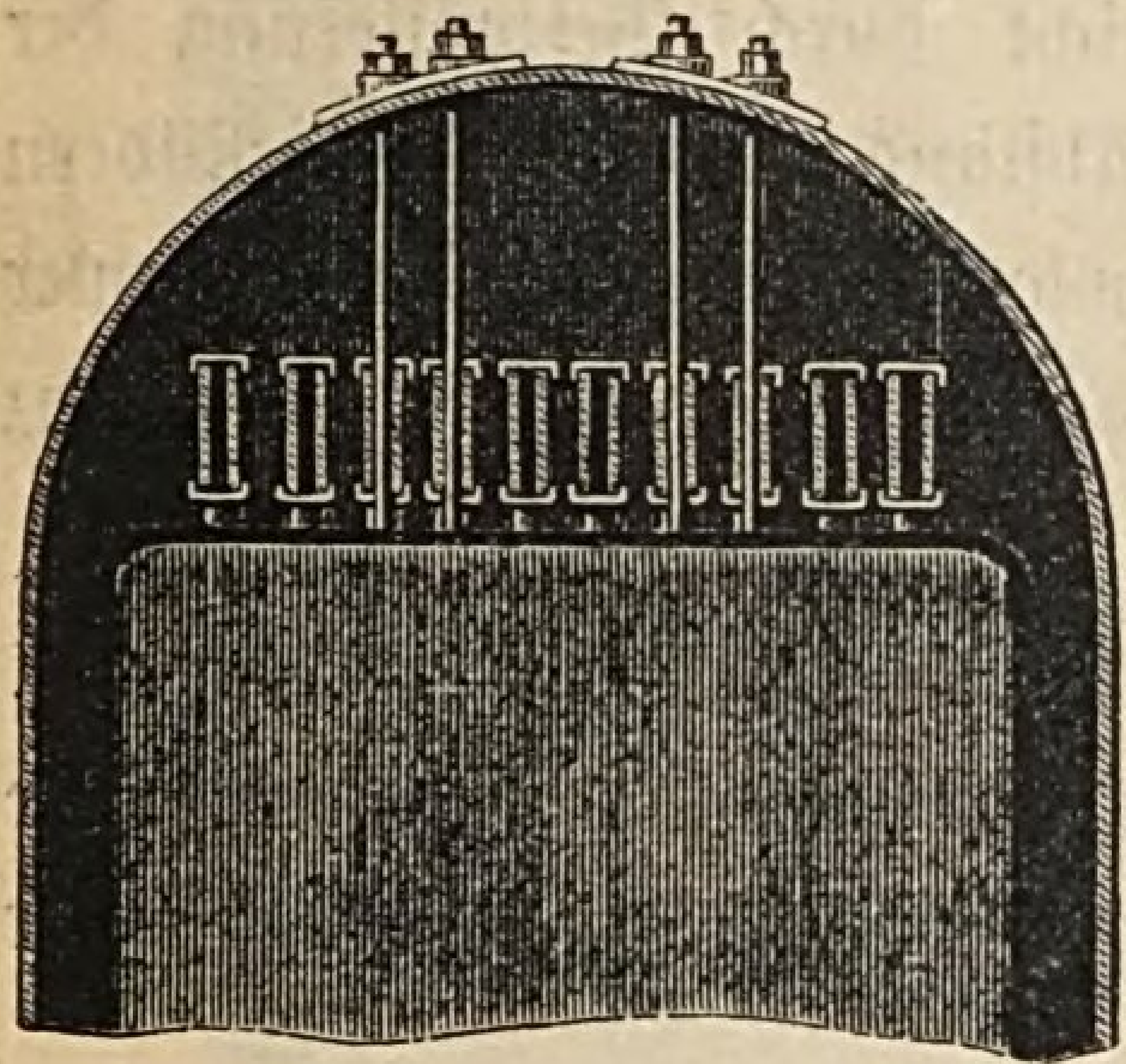
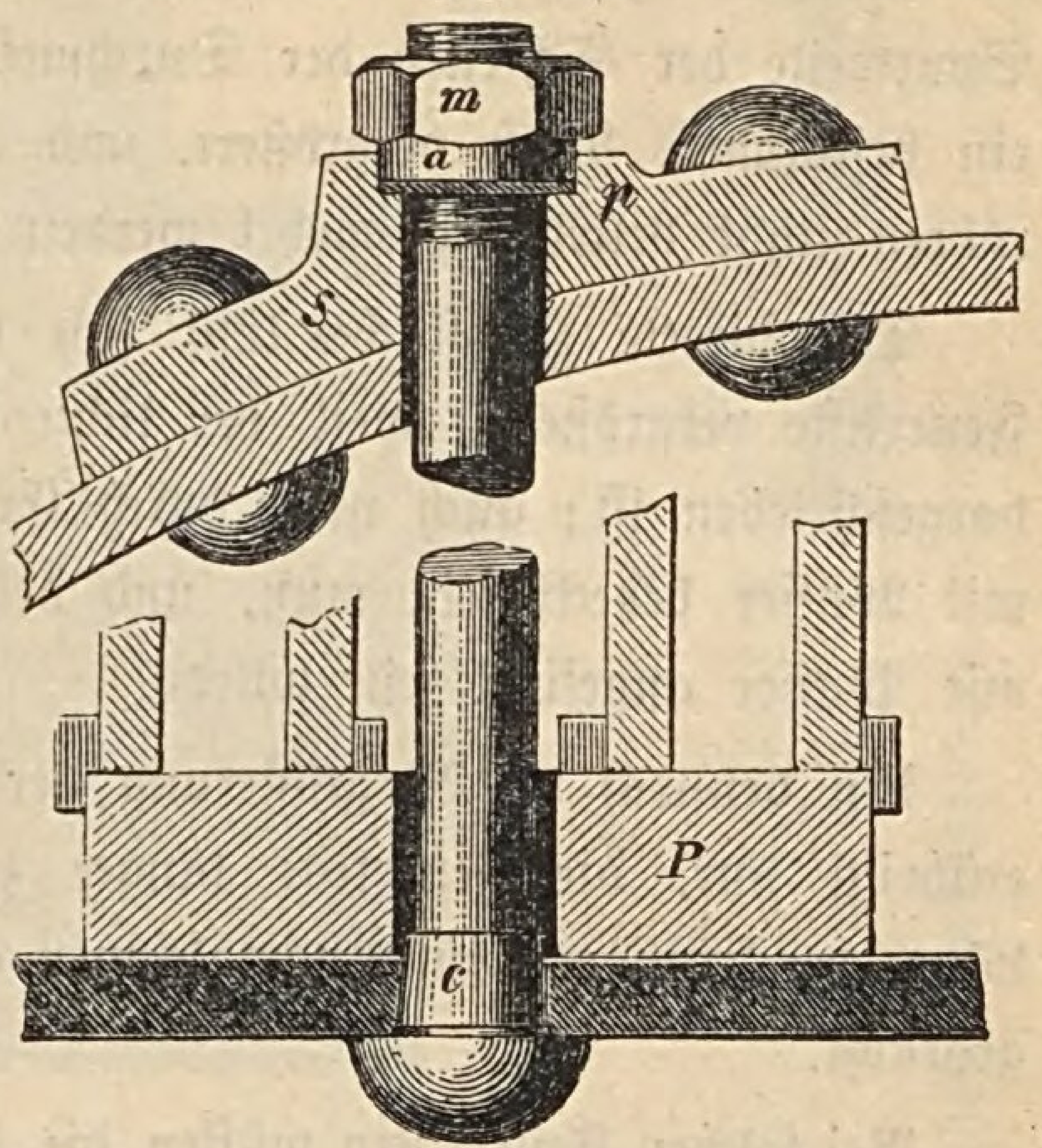


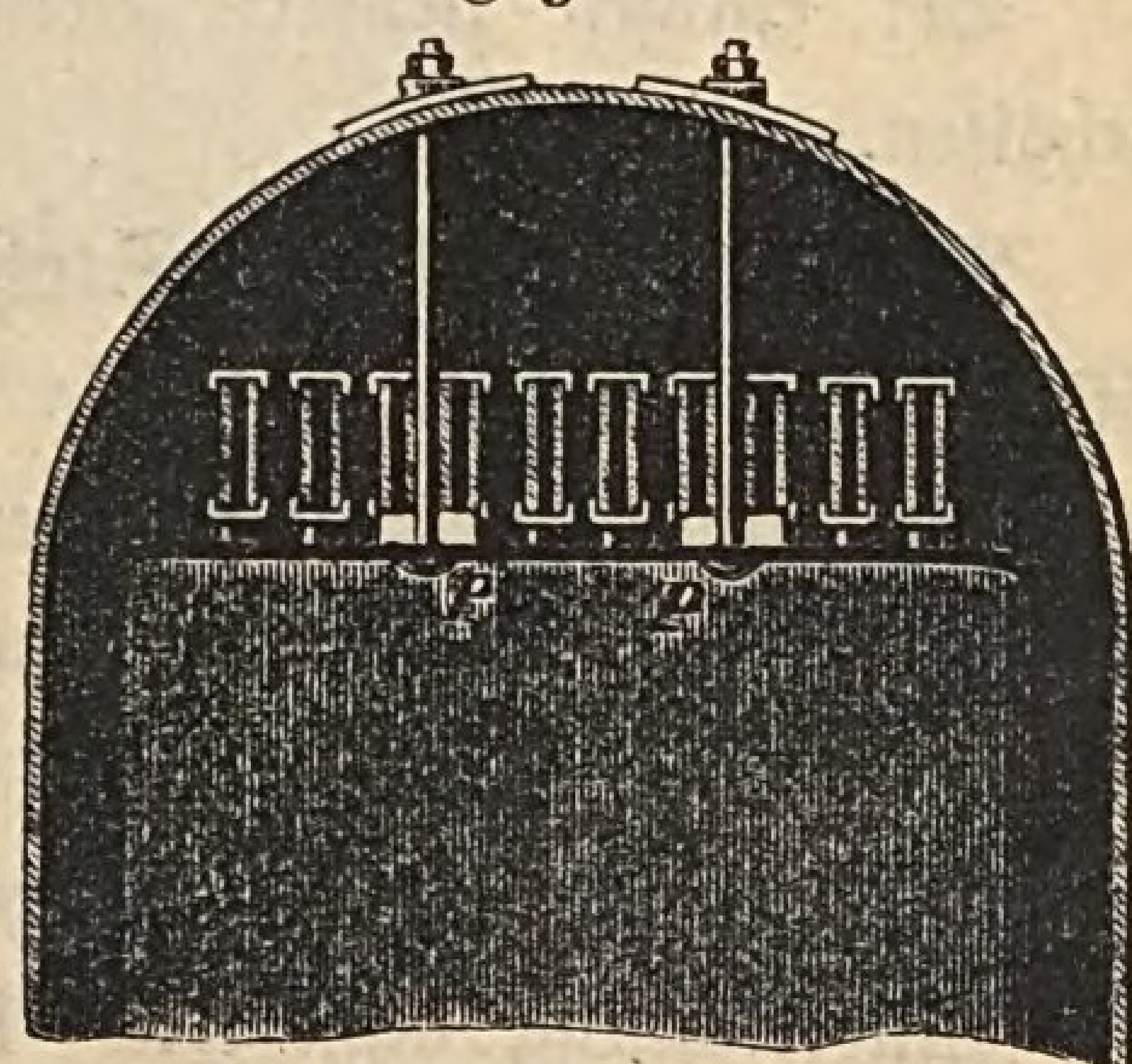
Fig. 68.



(1:36) **Hängeeisen.** (1:4)

wird durch eine untergelegte Kupferscheibe p erreicht. An der Stelle, wo die Hängeeisen durch die Decke der inneren Feuerkiste treten, sind sie am stärksten, sie können daher, auch wenn sie mit Kesselstein bedeckt sind, von der Feuerkiste aus entfernt werden. Um den Zug eines Hängeeisens auf zwei Deckenträger zu übertragen, legt man unter diese da, wo es durch die Decke tritt, schmiedeeiserne Platten P, Fig. 68 u. 69. Die Hängeeisen brauchen nicht mit Gewinde in der Decke der inneren Feuerkiste befestigt zu werden; in der gezeichneten Weise, mit dem kegelförmigen Ansatze c versehen, halten sie recht gut dicht.

Fig. 69.



Hängeeisen. (1:36)

Das Bestreben, die Locomotiven immer kräftiger zu bauen, ihnen also eine größere Heizfläche zu geben und sie für einen größeren Dampfdruck geeignet zu machen, scheitert,

die indirecte Heizfläche betreffend, daran, daß bei der bestehenden Spurweite der Schienen der Durchmesser des Langkessels nicht über ein bestimmtes Maß vergrößert, und deshalb die Anzahl der Siederöhren nicht beliebig vermehrt werden kann.

Die directe Heizfläche läßt sich nicht durch Verbreiterung der Feuerkiste vergrößern, weil der lichte Abstand zwischen den Rädern vorgeschrieben ist; auch nicht durch Erhöhung, weil die Decke immer mit Wasser bedeckt sein muß, und deshalb der Langkessel bald ganz mit Wasser angefüllt sein würde.

Um dennoch die Vergrößerung der directen Heizfläche zu erzielen, erübrigt nur, die Feuerkiste länger zu machen, und hat man die Länge bei kräftigen Güterzugmaschinen auch wirklich auf 2 m und mehr gebracht.

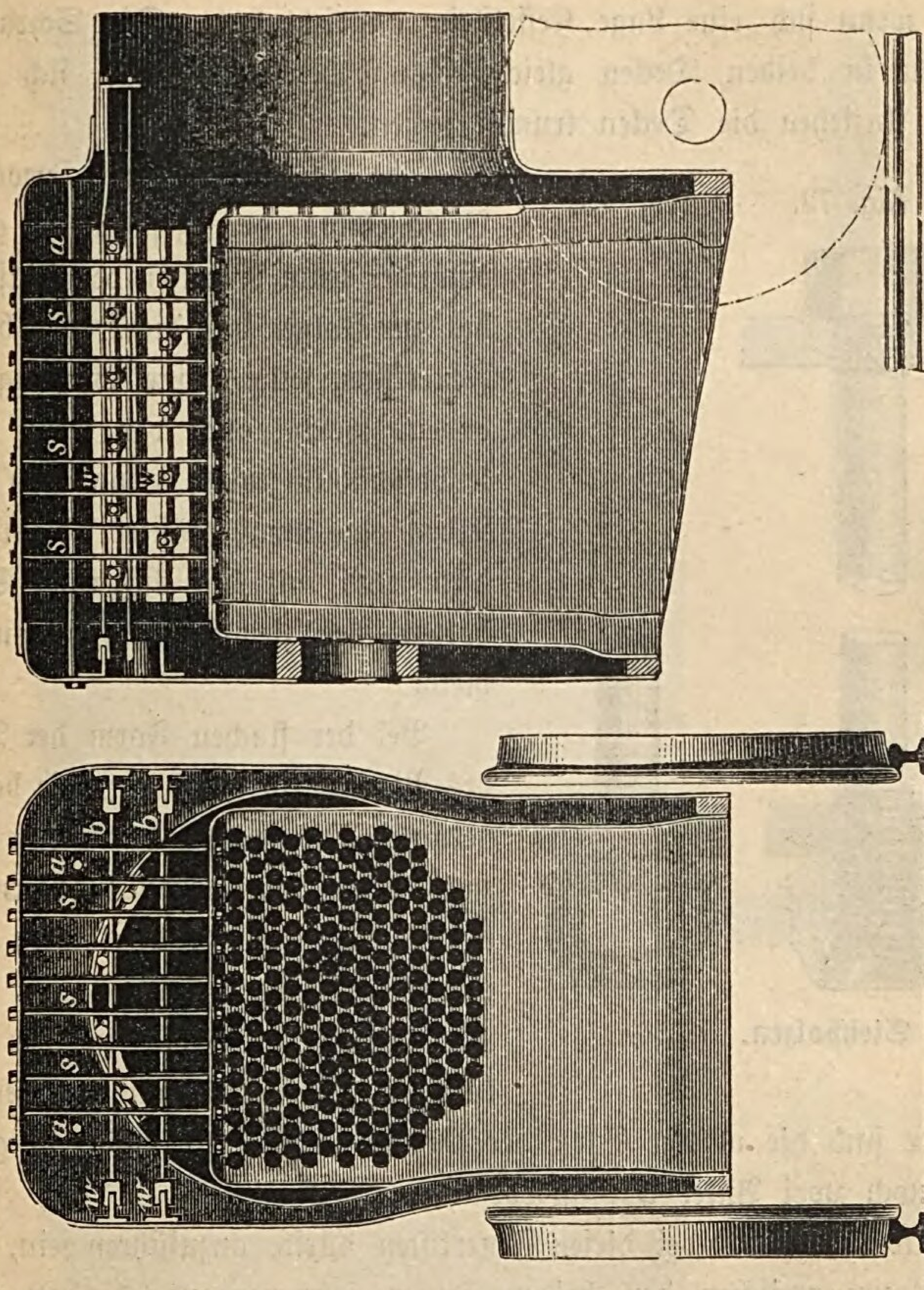
Bei solchen Feuerkisten müssen die der Länge nach gelegten Deckenanker sehr hoch sein, damit sie stark genug sind, in Folge dessen wird der einzelne Anker sehr schwer. Bei der Querlage können allerdings die Anker niedriger sein, jedoch wird die Anzahl größer, so daß in dem einen wie in dem anderen Falle die innere Feuerkiste ein großes Gewicht bekommt, und deshalb die Hinterachse stark belastet ist.

Bei einigen neueren Verankerungen ist diesem Uebelstande abgeholfen.

Verankerung durch Stehbolzen. Man giebt auch dem Feuerkistenmantel eine flache Decke statt einer halbcylindrischen, und versteift sie unter Weglassung der Deckbarren durch eiserne Stehbolzen mit der flachen Decke der inneren Feuerkiste, Fig. 70 u. 71. Die Stehbolzen s s s sind 25 mm stark, im Gewinde 30 mm. Die Entfernung beträgt in der Längsrichtung nicht über 100 mm und in der Querrichtung nicht über 110 mm.

Durch Wegfall der Deckenanker wird die innere Feuerkiste bedeutend leichter, und die Decke kann besser vom Kesselstein gereinigt werden.

Fig. 70. Fig. 71.

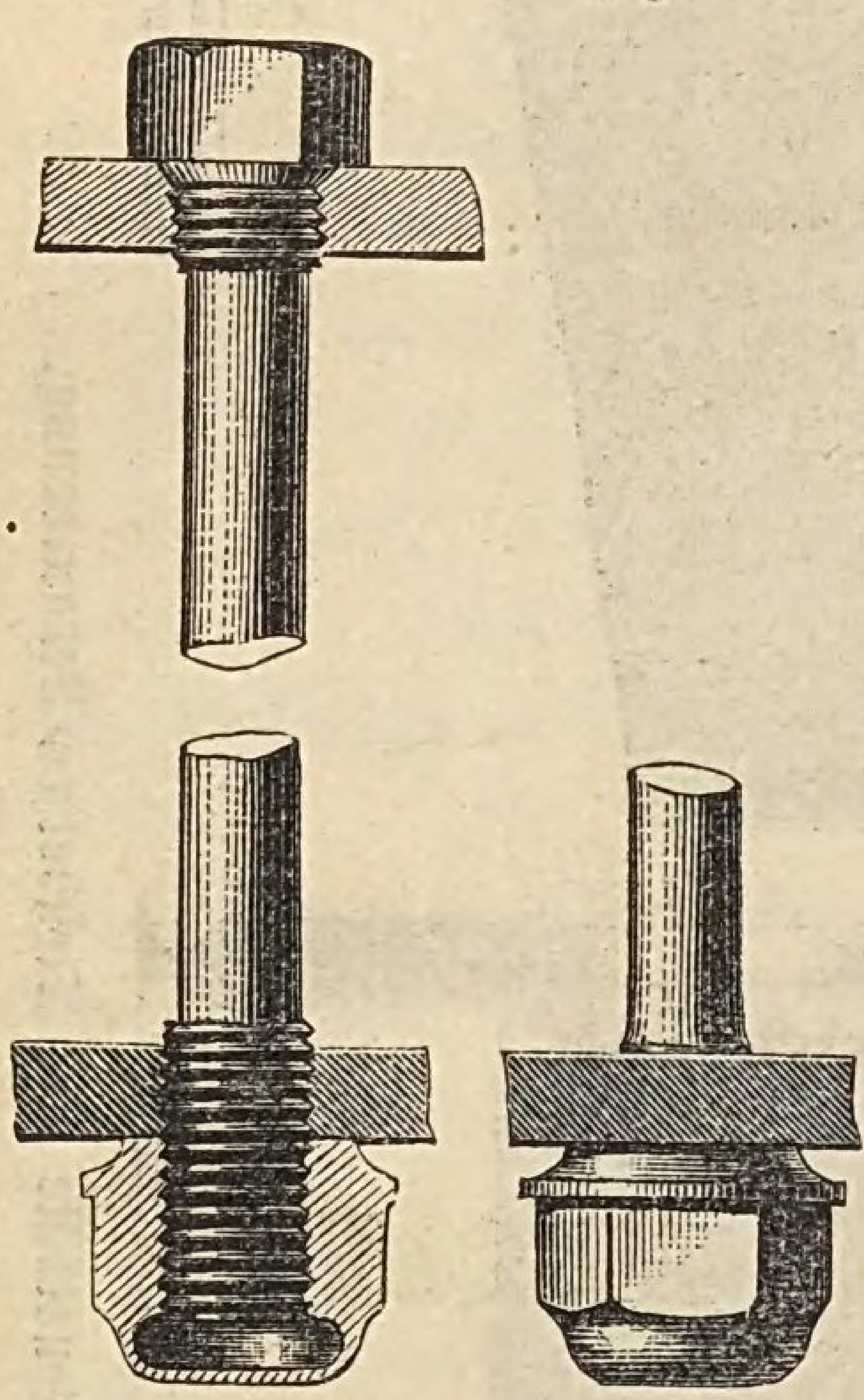


Feuerkiste mit Stehbolzen-Verankerung. (1:36)

Fig. 72 u. 73 zeigen einen Stehbolzen in größerem Maßstabe. Er wird von oben durch beide Decken geschraubt; die Muttern in der Feuerkiste bestehen aus Messing, da solche nicht festbrennen, und sind unten geschlossen, damit sie besser dicht halten. Messingmuttern werden sehr bald durch die Flamme zerstört. Diese Anker haben in der oberen Decke den größten Querschnitt, so daß sie, nach Wegnahme der Muttern, von oben leicht herausgezogen werden können,

auch wenn sich eine Lage Kesselstein angesetzt hat. Die Schrauben müssen in beiden Decken gleiche Ganghöhe haben, weil sich sonst beim Anziehen die Decken krumm ziehen.

Fig. 72. Fig. 73.



Stehbolzen. *(1:4)*

Die schon einigemal erwähnte Verschiebung der Feuerkisten gegen einander beim Anheizen der Maschine hat zur Folge, daß die Decken beider Feuerkisten eine kleine Biegung erleiden, welche auch den Ecken nicht leicht schädlich wird, wenn man denselben eine etwas größere Abrundung giebt und mit den äußersten Stehbolzenreihen ziemlich weit davon abbleibt.

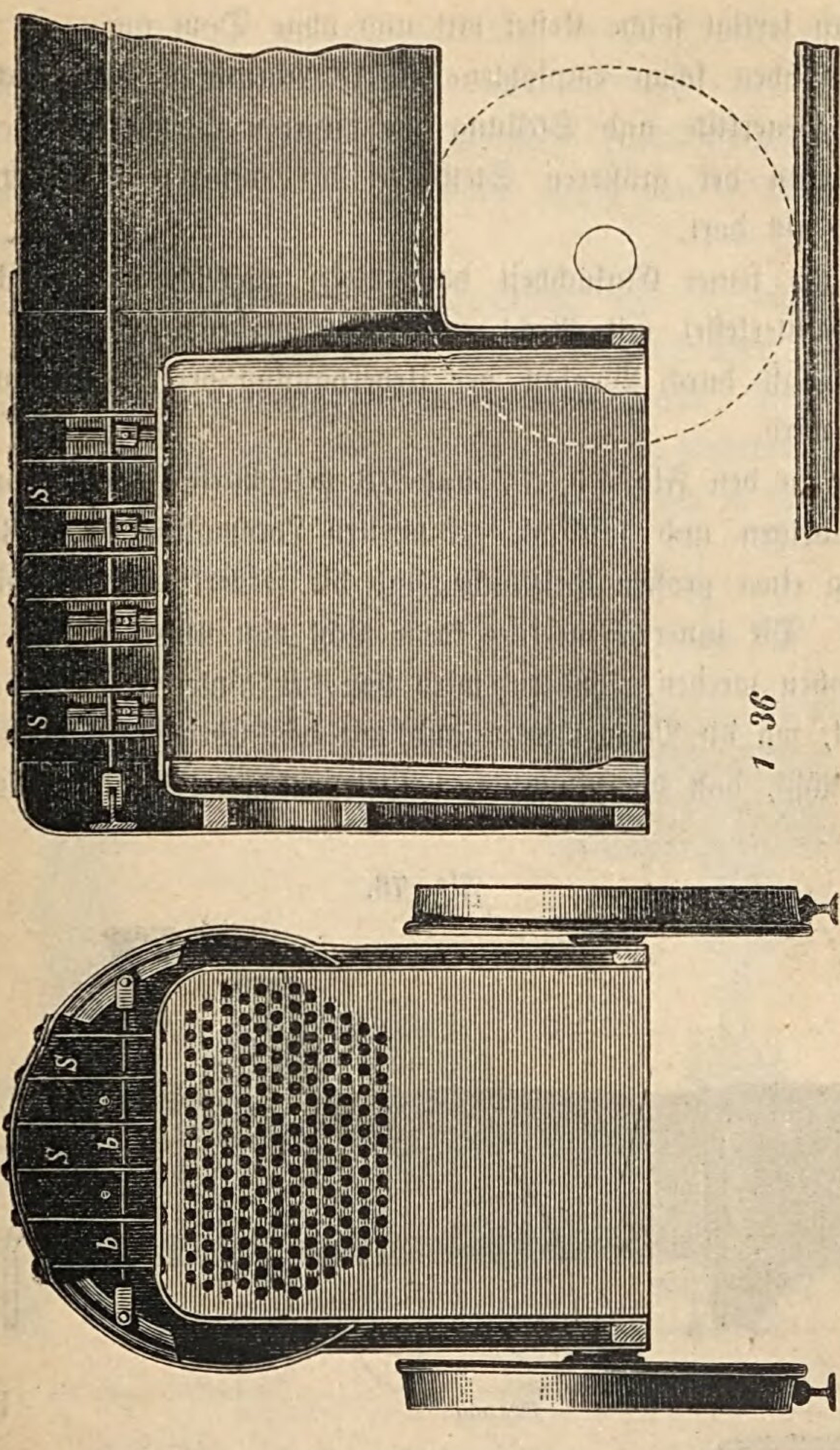
Bei der flachen Form der Decke des Mantels ist es nöthig, die beiden geraden Seitenwände durch eine oder zwei Reihen von Schraubenankern b b abzusteifen. Dieselben können den aufrecht stehenden gleich sein, oder mit Winkeleisen w w in der bekannten Weise verbunden werden. Ferner sind die oberen Ecken der Vorder- und Hinterwand so groß, daß noch zwei Anker a a angebracht werden müssen.

Als Uebelstand bei diesen Feuerkisten dürfte anzuführen sein, daß der Raum zwischen den beiden Decken sehr verbaut, deshalb nicht zugänglich und eine genaue Untersuchung schwierig ist.

Auch der in den Fig. 74 u. 75 gezeichnete Kessel ist in Aufnahme gekommen. Die äußere Feuerkiste ist nicht überhöht, sie schließt sich oben der Form des Langkessels genau an, ist also rund. Die Schrauben s der Figuren 70 u. 71 sind durch Stehbolzen S S ersetzt, welche oben und unten einfach vernietet sind, und deren äußere Reihen, um dem angeschnittenen Gewinde genügenden

Fig. 75.

Fig. 74.



1 : 36

Feuerkisten ohne Ueberhöhung.

Halt zu geben, durch die Verbindung des Deckbleches mit den Seitenblechen geschraubt sind. Die Querverbindung b fortzulassen ist nicht rathsam, weil sonst die oberen, wagerecht liegenden Stehbolzen zu stark beansprucht werden.

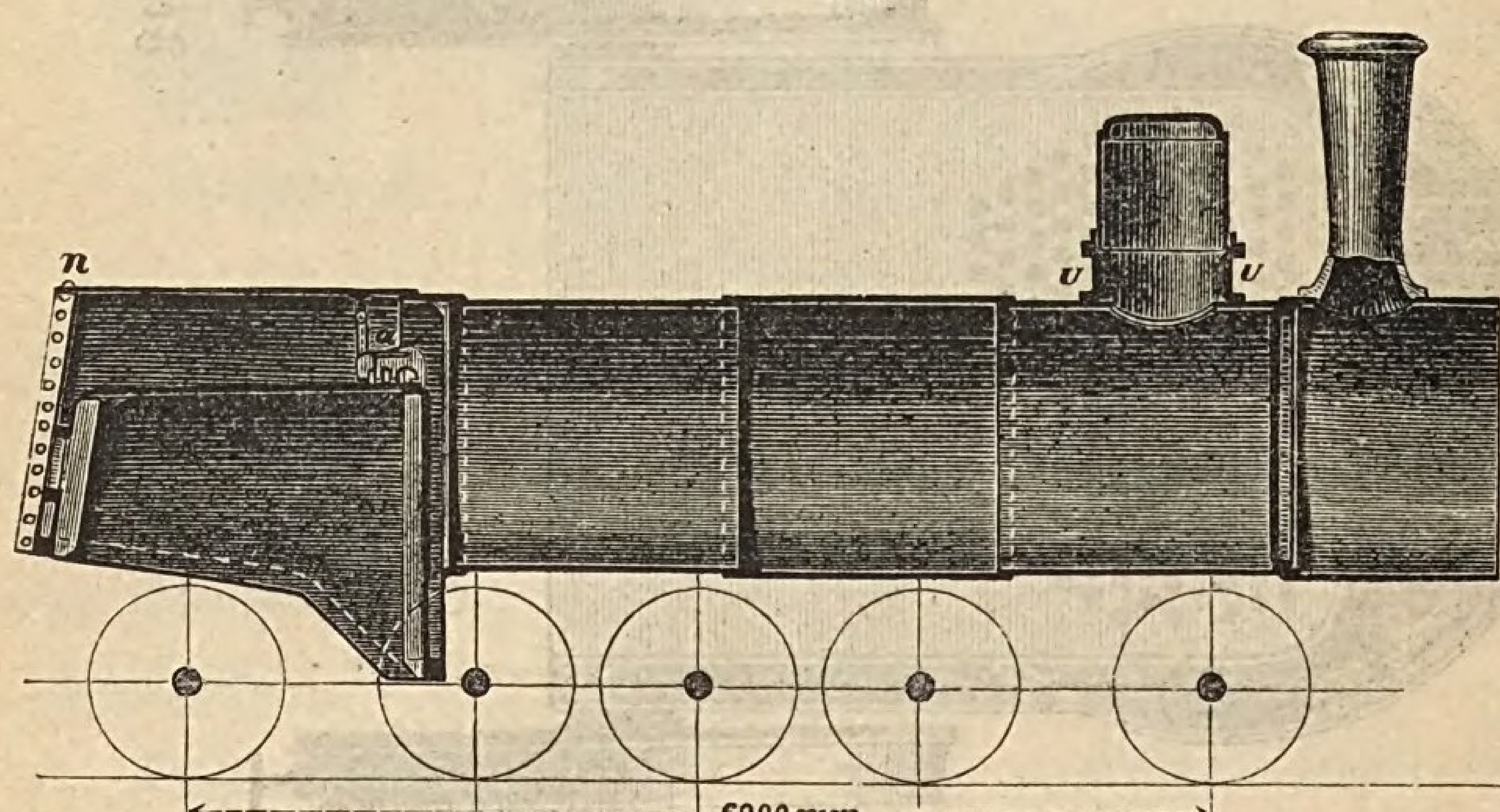
Man fertigt solche Kessel mit und ohne Dom an.

Die oben schon empfohlene starke Abrundung der Ecken der inneren Feuerkiste und Stellung der äußeren Stehbolzenreihen S ist hier, wegen der größeren Steifigkeit der äußeren Feuerkiste, noch nöthiger als dort.

Wegen seiner Einfachheit darf dieser zugleich feste, leichte und billige Hinterkessel mit Recht empfohlen werden, jedoch ist zu bemerken, daß durch Wegfall der Ueberbauung der Dampfraum verkleinert wird.

Der in den Fig. 76, 77 und 78 gezeichnete Kessel gehört einer dreicylindrigen und fünffach gekuppelten Locomotive an. Zur Gewinnung einer großen Heizfläche sind die Feuerkisten oben stark erweitert. Die innere Feuerkiste kann nicht von unten in den Mantel eingeschoben werden, sondern wird von der hinteren Seite derselben eingesetzt, wo die Mantelhinterwand mit den übrigen Wänden so zusammenstößt, daß die sämmtlichen Nieten zugänglich sind, wie dieses

Fig. 76.



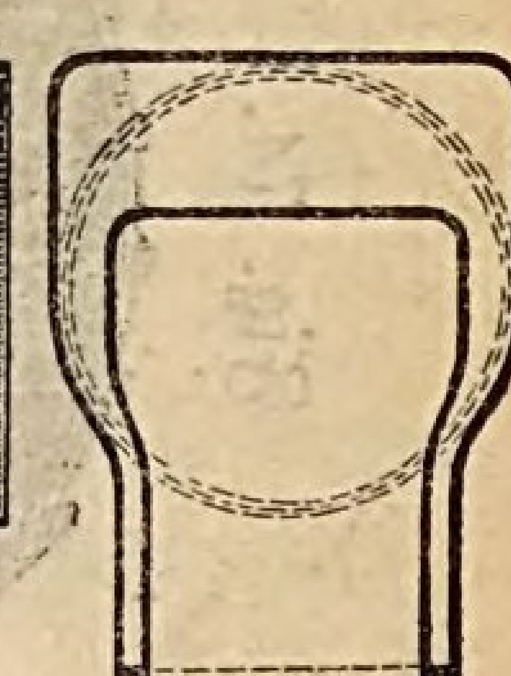


Fig. 77.

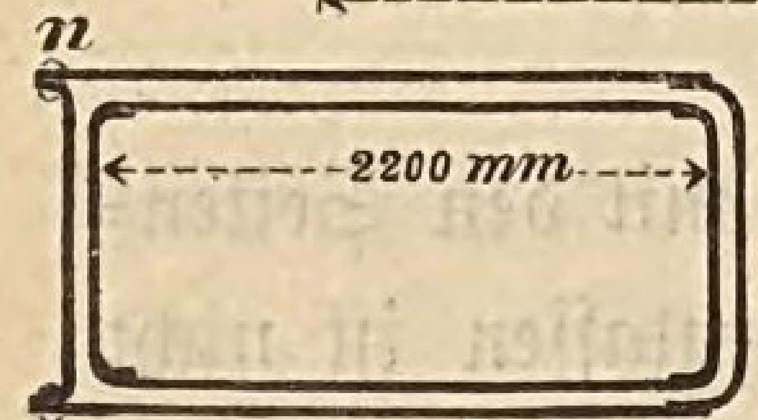


Fig. 78.

Kessel neuerer Form. *(1:100)*

die Fig. 76 und 78 bei n n zeigen. Die innere Feuerkiste hat eine Länge von 2,220 m, die Anzahl der Sieteröhren ist 250.

Der Domausschnitt hat keine besondere Verstärkung, dafür ist der Domuntersatz u u aus einem Stücke Blech von 30 mm Stärke geschmiedet.

Der in der Feuerkiste mit a bezeichnete und in den Fig. 79 und 80 noch besonders gezeichnete Theil a bezweckt eine Absteifung des vorderen Theiles der langen inneren Feuerkistendecke. Das Stück A ist aus Rothguß und ruht vorn auf der vorderen Rohrwand r und der Feuerkistendecke d, mit welcher es an drei Stellen verschraubt ist; m ist eine Verstärkungsrippe.

Fig. 79.

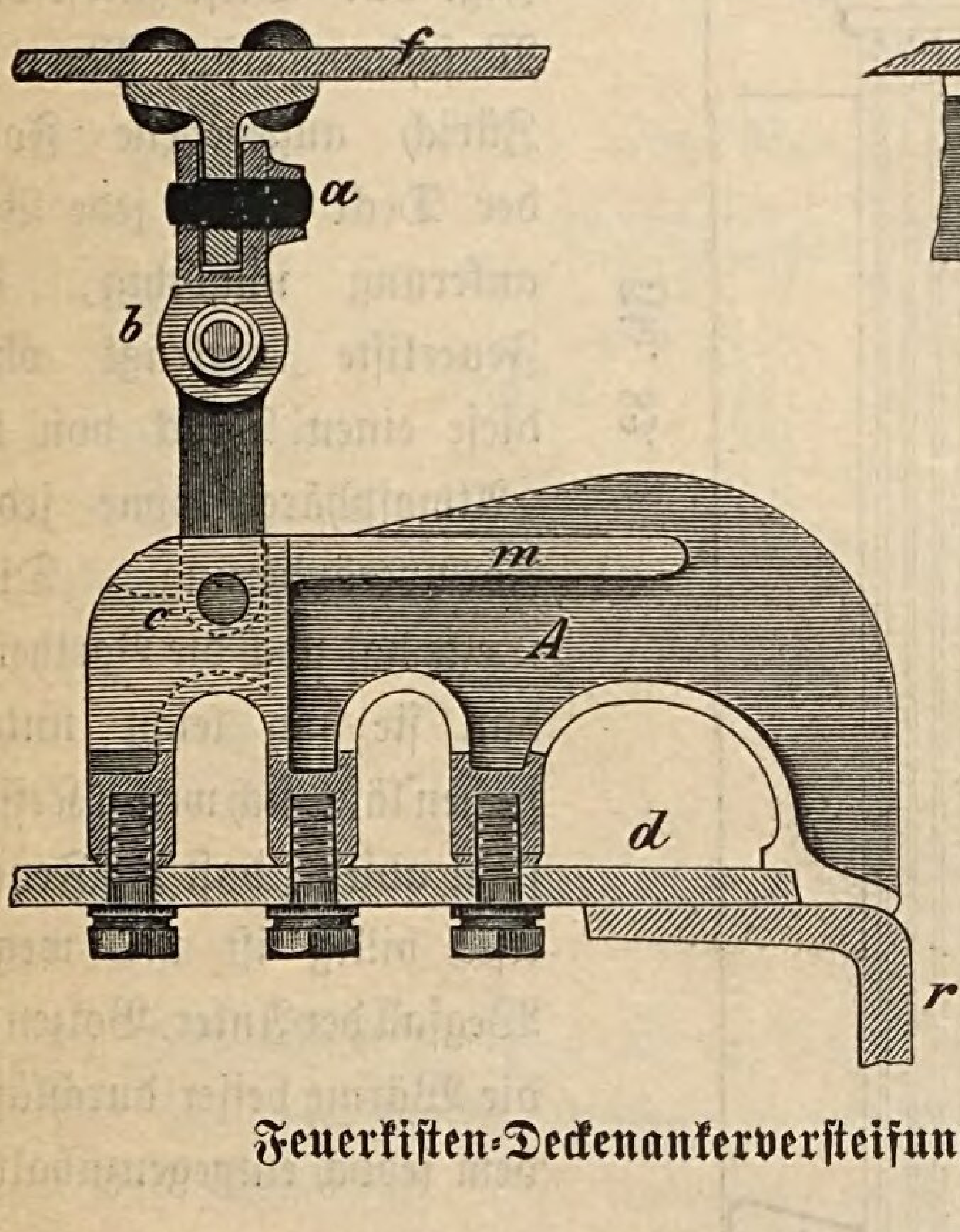
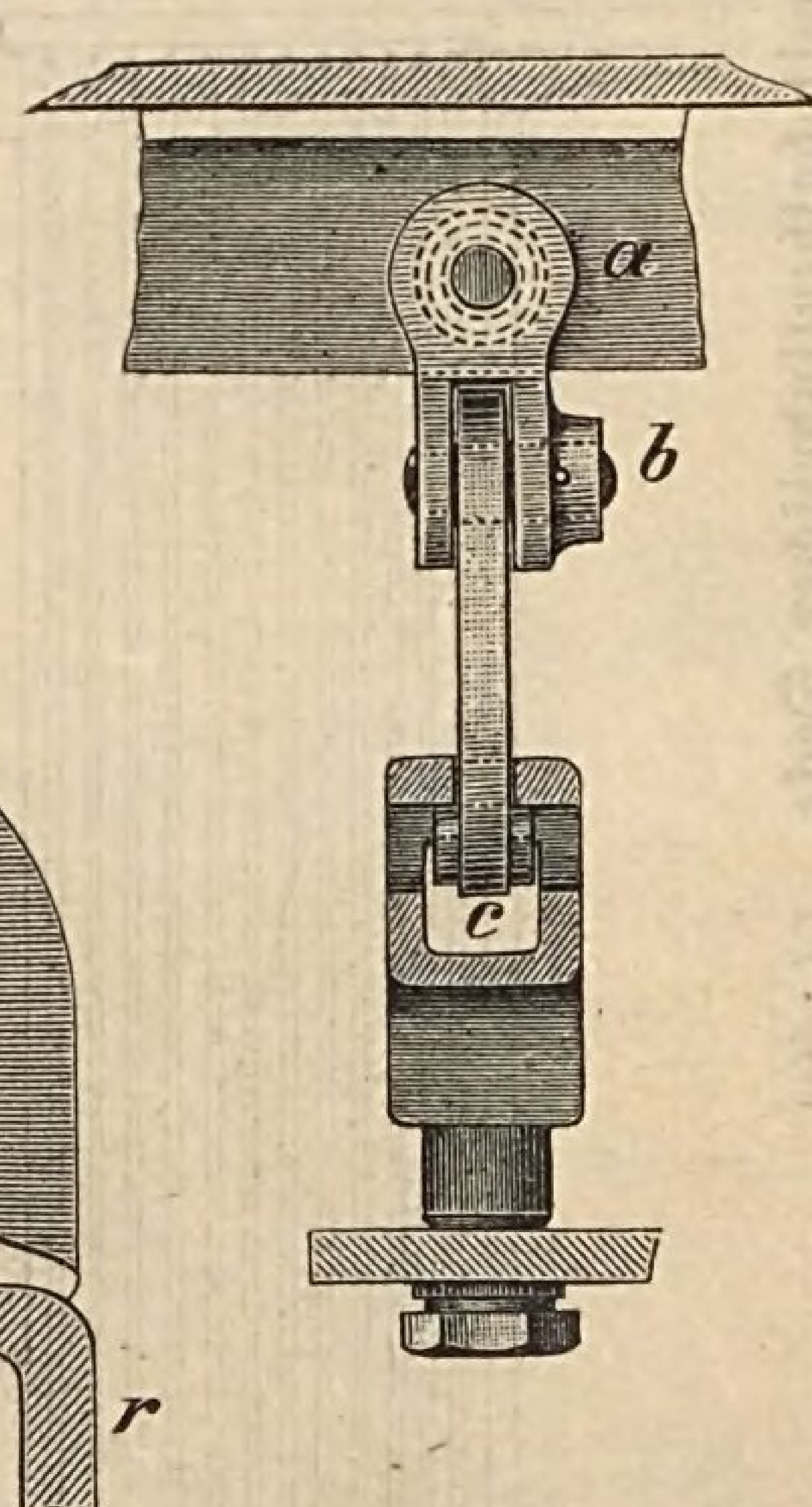


Fig. 80.



Feuerkisten-Deckenankerversteifung. *(1:10)*

Durch Vermittelung des Stückes a b ist die Feuerkiste an der äußeren Feuerkiste f aufgehängt. Die Charniere a, b und c gestatten eine allseitige Ausdehnung der Rohrwand.

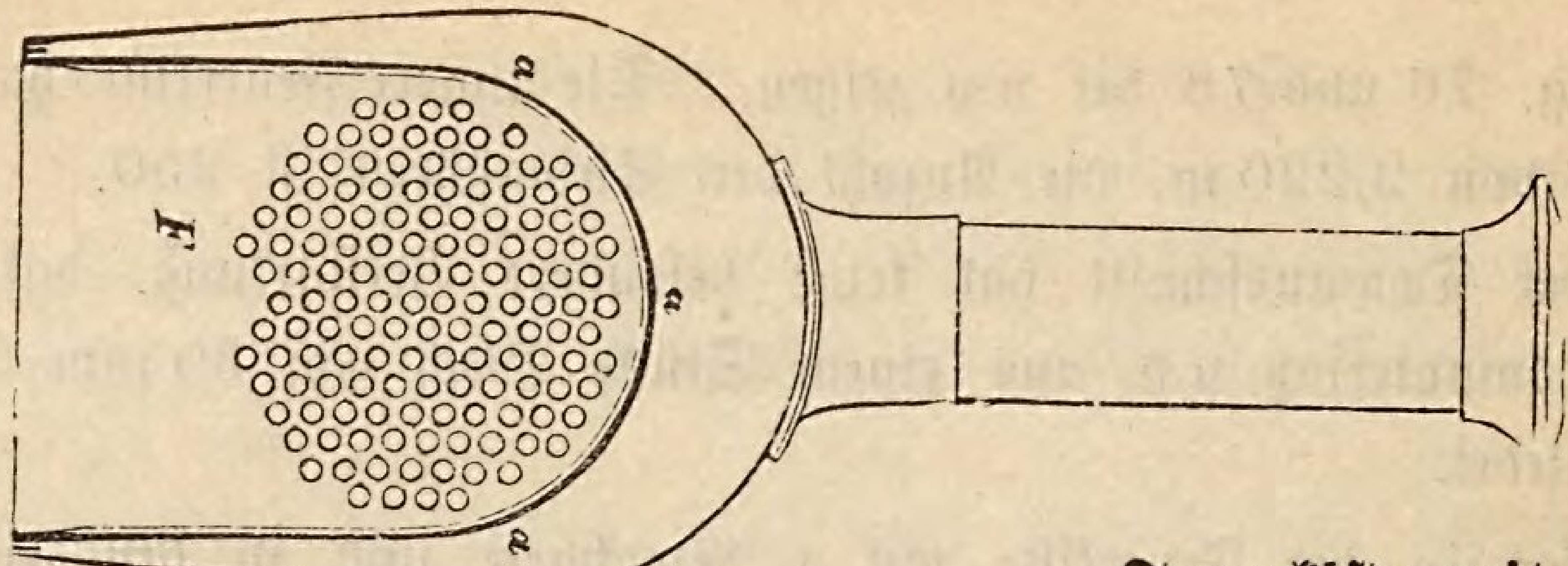


Fig. 81.

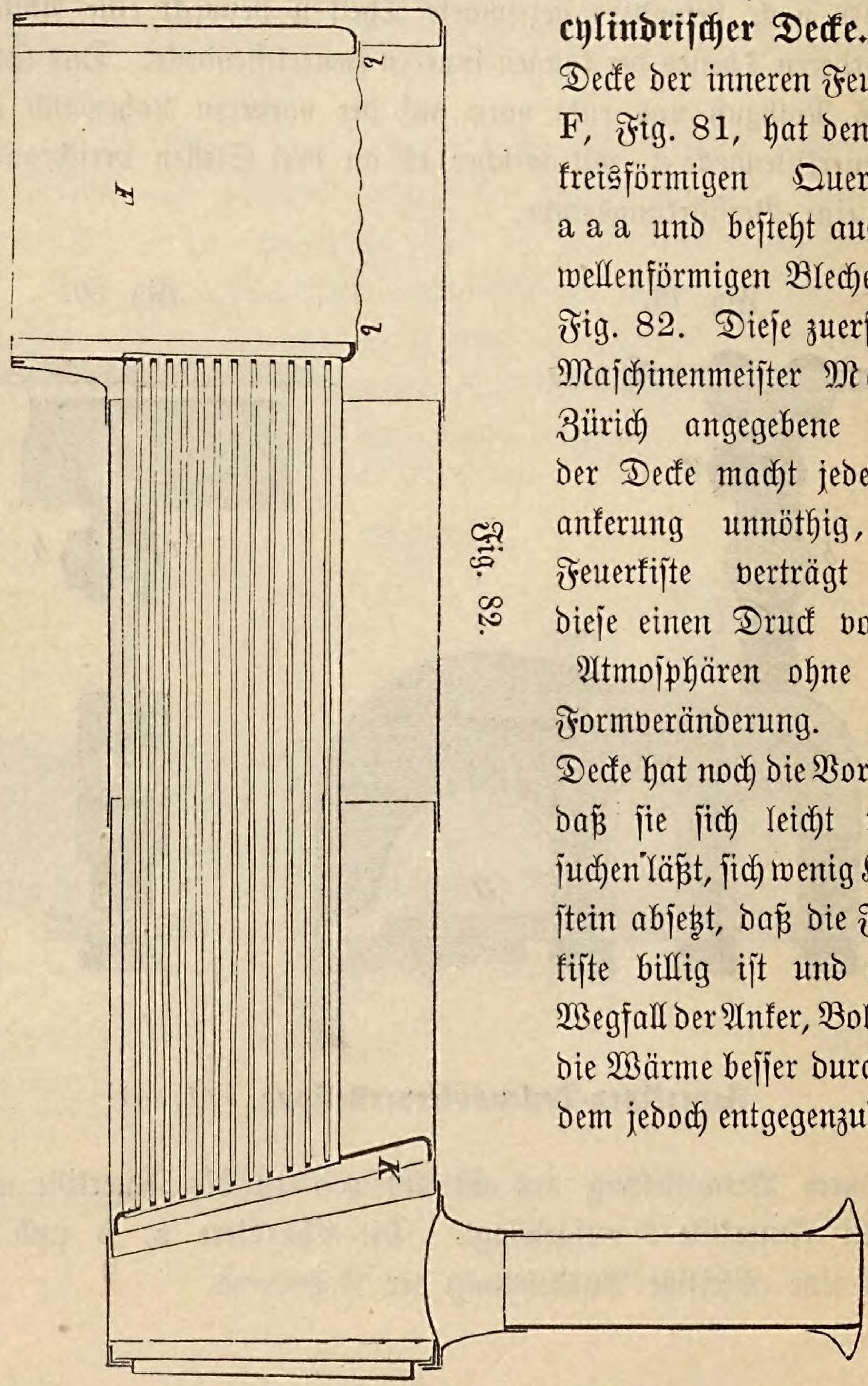


Fig. 82.

Feuerkiste mit halbcylindrischer Decke. (1:40)

Feuerkiste mit halbcylindrischer Decke. Die Decke der inneren Feuerkiste F, Fig. 81, hat den halbkreisförmigen Querschnitt a a a und besteht aus dem wellenförmigen Bleche b b, Fig. 82. Diese zuerst vom Maschinenmeister M a y in Zürich angegebene Form der Decke macht jede Verankerung unnöthig, die Feuerkiste verträgt ohne diese einen Druck von 20 Atmosphären ohne jede Formveränderung. Diese Decke hat noch die Vortheile, daß sie sich leicht untersuchen läßt, sich wenig Kesselstein absetzt, daß die Feuerkiste billig ist und wegen Wegfall der Anker, Bolzen &c. die Wärme besser durchläßt, dem jedoch entgegenzuhalten

ist, daß der Kessel eine geringe Anzahl Siederöhren aufnehmen kann (139 Stück in Fig. 81 u. 82).

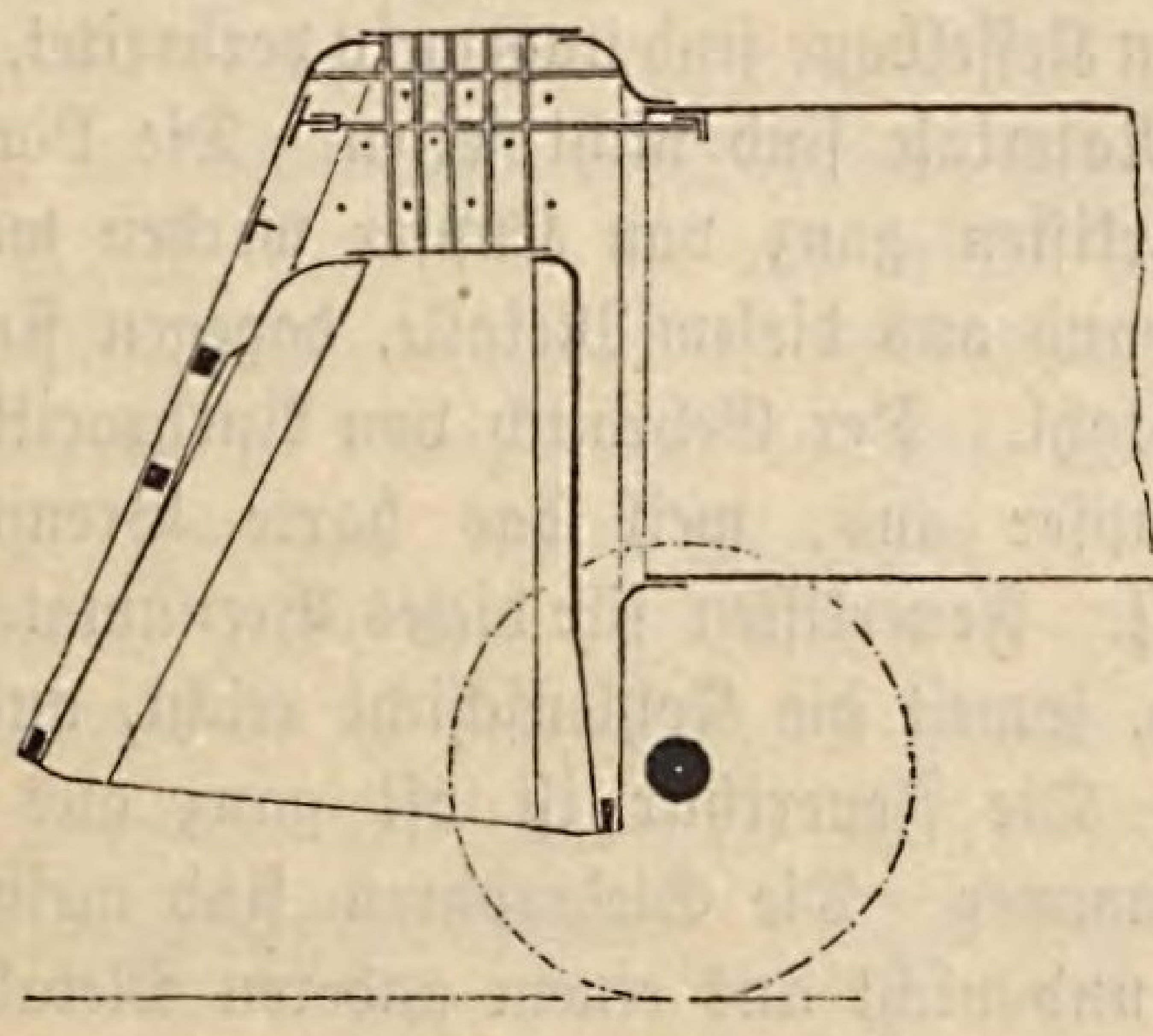
Die Fig. 82 zeigt noch eine andere Abweichung von den bis dahin besprochenen Kesseln; die Rohrwand K ist nämlich geneigt, statt senkrecht eingesetzt; man will dadurch erreichen, daß Gase, Luft und Rauch aus einer jeden Röhre, ohne durch die darüber liegenden behindert zu sein, aufsteigen können; es soll dadurch der natürliche Zug vermehrt werden.

Zu bemerken dürfte sein, daß die Siederöhren jeder wagerechten Reihe eine andere Länge haben, was nicht angenehm ist.

An einer anderen Stelle wurde erwähnt, daß man die vordere Rohrwand nach unten verlängert, um die Dampfcylinder besser befestigen zu können; das ist bei einer geneigten Rohrwand nicht angängig.

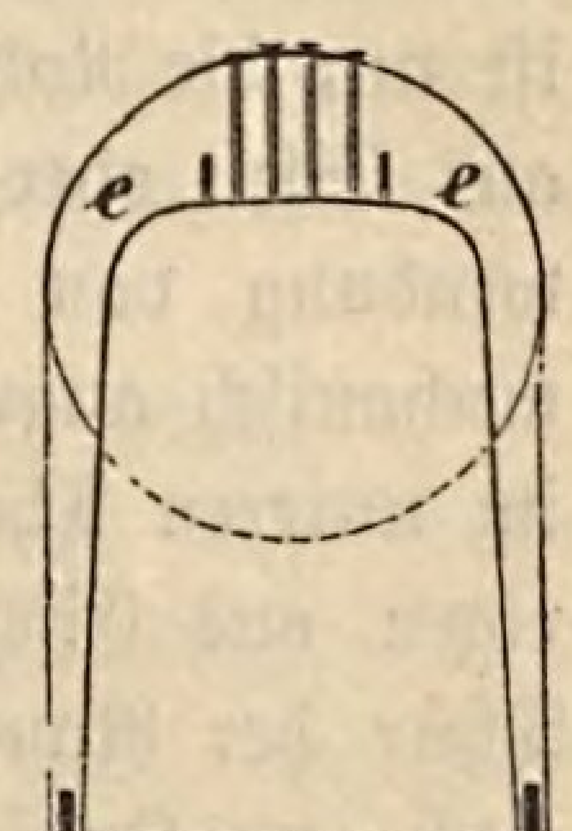
Die Fig. 83 u. 84 zeigen zwei Feuerkisten, welche den Zweck haben, die nicht unerhebliche Anzahl Anker und so auch das Gewicht zu verringern, ohne daß die Festigkeit darunter leidet.

Fig. 83.



(1:72)

Fig. 84.



Die Anordnung der Fig. 83 verkleinert die Heizfläche nicht unerheblich, und die schräge Rückwand erschwert die Beschickung des Rostes mit Brennstoff. Bei einer wie in Fig. 84 gebauten Feuerkiste können wegen der stark abgerundeten Ecken weniger Siederöhren angebracht werden; auch haben die Ecken e e eine große nicht versteifte Fläche, welche bei starker Bedeckung mit Kesselstein und für

den Fall, daß das Wasser zu tief sinken sollte, zu Bedenken Veranlassung giebt.

Eine Streckung des Kessels in dem Verbindungsstücke zwischen Mantel und Langkessel, welche bei Fig. 56 besprochen wurde, kann nicht vorkommen, wenn die Decke des Feuerbuchsmantels die gerade Verlängerung des Langkessels bildet, wie in Fig. 75; es läßt sich nicht verkennen, daß dadurch der Druck auf die vordere Rohrwand und die hintere Feuerkistenwand besser ausgeglichen wird, als dieses durch zwischengelegte Anker möglich ist. Im Betriebe sind überbaute Feuerkisten insofern besser, als der Dampfraum größer ist, in Folge dessen die Locomotive nicht so bald mit nassem Dampfe arbeitet.

Amerikanische Locomotiven. Die Kessel vieler amerikanischer Locomotiven unterscheiden sich von den in Europa gebräuchlichen in manchen Theilen. Wir lassen hier aus „Erinnerungen an die Eisenbahnen der Vereinigten Staaten von Nord-Amerika" von J. Brosius, Wiesbaden, J. F. Bergmann, über diese Locomotivkessel folgen:

Stahlbleche im Kesselbaue sind ungemein verbreitet, Locomotivkessel durchweg aus diesem Materiale sind nicht selten. Die Pennsylvania R. R. hat nur solche. Feuerkisten ganz von Kupfer werden wenige angewendet, oft ist nur die Rohrwand aus diesem Metalle, dagegen sind die anderen Wände aus Eisen oder Stahl. Der Gebrauch von Anthracitkohle schließt die Verwendung von Kupfer aus, weil das harte Brennmaterial die Wände mechanisch angreift. Feuerkisten für dieses Brennmaterial bestehen zuweilen im unteren Theile, soweit die Kohlenschicht reicht, aus Stahl und im Uebrigen aus Eisen. Die Feuerthür ist oft ganz aus Gußeisen, ebenso die Thür der Rauchkammer. Die Sieberöhren sind meistens aus Eisen, dann auch aus Kupfer und nicht aus einem anderen Metalle.

Bei den 9′ langen Feuerkisten der Anthracitbrenner ist das Verhältniß der directen Heizfläche zur indirecten etwa wie 1 : 6, bei den sonstigen Maschinen für Hauptbahnen bewegt es sich zwischen 1 : 7 und 1 : 11,5. Die totale Rostfläche zur totalen Heizfläche ist bei Anthracitheizung etwa 1 : 40, bei den übrigen Maschinen gewöhnlicher Bauart ist es 1 : 50 bis 1 : 75.

Die Rauchkammer von kreisrundem Querschnitte ist über den Langkessel geschoben und ohne Zwischenstück mit diesem vernietet. Die Wandungen der Rauchkammer sind oft stärker als die des Kessels, weil mit derselben der „Cow Catcher" (Kuhfänger) abgesteift ist. Die vordere Rohrwand

ist rund in den Kessel eingenietet. Der Feuerbuchsmantel überragt in den meisten Fällen den Langkessel. Die Verbindung mit diesem durch Winkelringe oder besondere ausgekümpelte Bleche ist nicht üblich. Der Mantel geht mit einem conischen Schusse in den kreisrunden Kessel über. Auch an anderen Stellen, z. B. zwischen Dom und Kessel, an der Feuerthür, sind Zwischenstücke nicht häufig, die Bleche vertragen die Umbörtelung und scharfe Biegung gut, was auf vorzügliches Material und vorsichtige Bearbeitung schließen läßt.

Bei der Consolidationsmaschine*) findet sich oft die in Fig. 85 skizzirte Anordnung der Feuerkisten. Beide fallen nach hintenzu ab und sind durch Verticalanker gegen einander abgesteift, welche Anordnung sonst im Allgemeinen dort nicht üblich ist. Diese Abdachung nach hinten läßt die Bloßlegung der Feuerkistendecke nicht so bald befürchten, wenn die Locomotive von der Steigung ins Gefälle übergeht; ohne diese Neigung der inneren Feuerkiste nach hinten würde der Führer genöthigt sein, mit Rücksicht auf das folgende Gefälle, vorher übermäßig viel Wasser in den Kessel zu pumpen, das auf einer bald folgenden Steigung lästig werden würde. Bei etwas abfallender innerer Feuerkiste ist der Mantel oft auch gerade, in welchem Falle Deckenanker gebräuchlich sind.

Wenn der Mantel abgeschrägt ist, hat der Dampfdom auf dem Langkessel vor der Feuerkiste seinen Platz, sonst stets auf dieser. Die Anwendung von Gußeisen ist im Kesselbaue durch Gesetzesvorschriften nicht beschränkt, und wird der obere Theil der Haube oft aus diesem Materiale hergestellt.

In einzelnen Fällen haben Locomotiven zwei Dampfdome; der auf der Feuerkiste dient alsdann als Dampfraum, wogegen der Regulator in dem vorderen, nahe der Rauchkammer, seinen Platz hat.

Große Schlammsäcke unter dem Langkessel sind ziemlich häufig.

Die innere Feuerkiste ist im oberen Theile erbreitert, um mehr Sieberöhren anbringen zu können. Sie kann nicht von unten eingebracht, sondern muß von rückwärts eingeschoben werden, die Rückwand wird also zuletzt eingenietet.

An der Feuerthüre sind massive Metallrahmen zwischen den beiden Kisten nicht gebräuchlich, entweder werden die Kesselbleche selbst, wie in Fig. 86, ausgearbeitet und greifen über einander, oder es wird ein Ring von Blech eingeschaltet, Fig. 87, oder endlich ist die Verbindung wie in Fig. 88.

Die Nietung hat ohne Zweifel ihre Schwierigkeiten, in Fig. 87 sind außen Kopfschrauben angewandt, anderseits giebt aber ein massiver Ring,

---

*) Diese Bezeichnung rührt her von dem Namen der ersten Locomotive dieser Bauart.


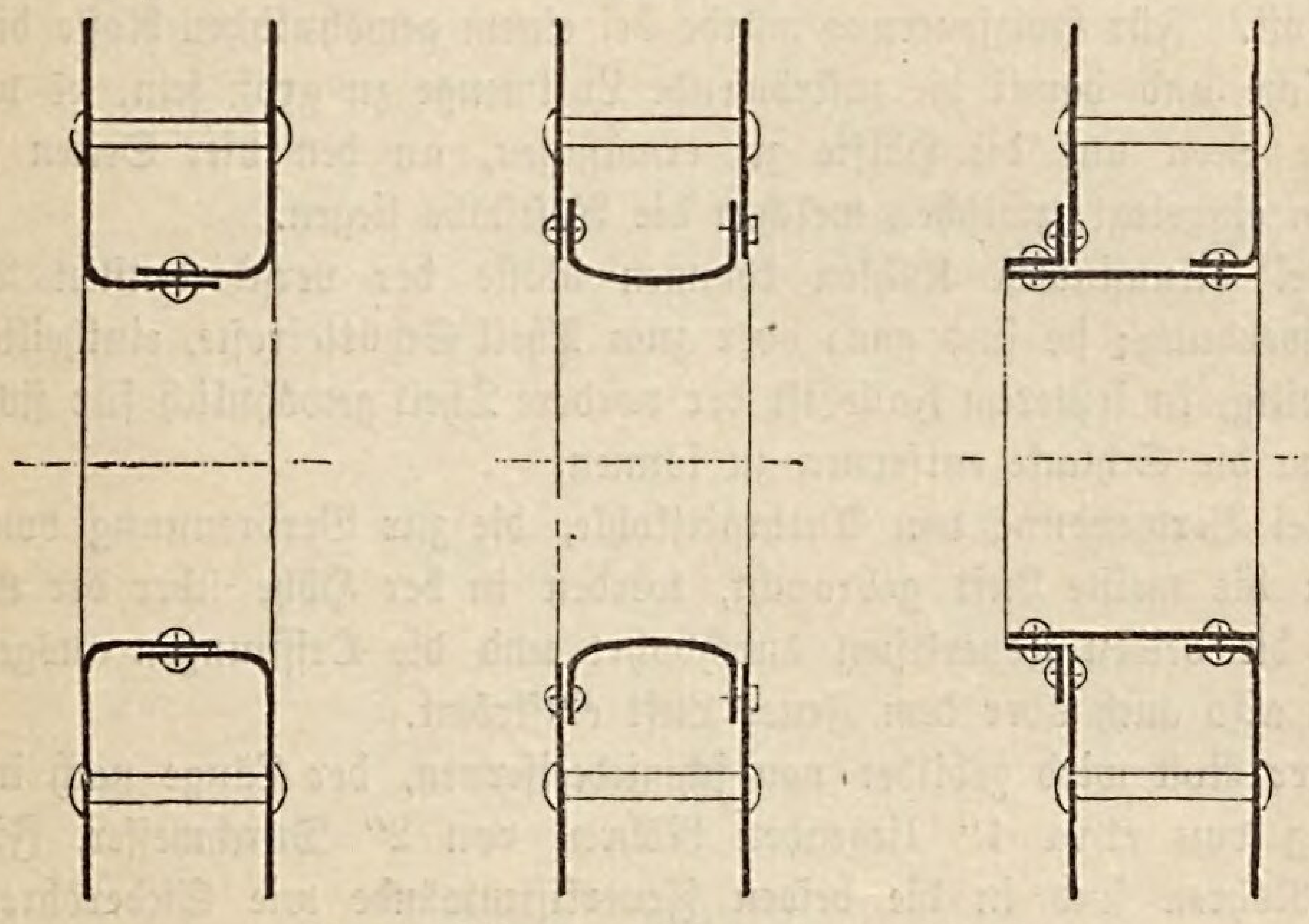
Fig. 85.

Kessel einer amerikanischen Locomotive. (1:55)

der durch das umspülende Wasser nicht kalt genug gehalten wird, zu Undichtigkeiten Veranlassung.

Um die Feuerthür gegen die directe Wirkung des Feuers zu schützen, umgiebt man oft außen die Oeffnung mit einem einige Zoll langen Gußring und bringt vor diesem erst die Thür an, welche so dem Feuer ferner liegt. Ohne Zweifel würde diese Schutzvorrichtung bei weniger gutem Brennmateriale beim Feuern sehr hinderlich sein.

Fig. 86. Fig. 87. Fig. 88.



Feuerthür-Verbindungen. *(1:8)*

In anderer Weise wird die Thür durch einen an der inneren Seite vorgeschraubten, mit Löchern versehenen, gußeisernen Hut geschützt.

Die Feuerkiste tritt oft in den Langkessel hinein, Fig. 85, in welchem Falle die Rohrwand, soweit sie die Sieberöhren aufnimmt, als besonderes Stück eingesetzt ist. Vorausgesetzt, daß hier die Nietung gut ist, wird die Wand versteift, so daß eine Ausbauchung nicht zu befürchten ist, ferner wird die directe Heizfläche vergrößert, und sind endlich die Börtel der Sieberöhren weniger der Stichflamme ausgesetzt.

Die Verankerung der Kesselwände ist sehr verschieden. Die Stehbolzen aus Kupfer oder Eisen bieten zu der Bemerkung Veranlassung, daß die Durchbohrung, um Brüche sofort zu erkennen, nicht üblich zu sein scheint.

Im Allgemeinen hat die Feuerkistendecke zur Kesselachse senkrecht liegende Deckenanker, bei den längsten Feuerkisten bis 25 an der Zahl, von denen immer der zweite zweimal durch Hängeeisen an der Manteldecke aufgehangen

ist; an der Stelle der Dampfhaube treten die Anker in diese und sind an deren Wandungen befestigt. Ueber die Decke weg gehen Queranker zur Versteifung der Mantelseitenwände.

Die Mantelrückwand und vordere Rohrwand sind durch Längsanker in der verschiedensten Weise mit dem Langkessel versteift.

Bei dem Anthracitbrenner, Fig. 85, wird der Kessel im Anschlußstücke zwischen Langkessel und Feuerkiste oval, und sind hier die Seitenwände noch besonders durch einige dicht über den Sieberöhren liegende Queranker abgesteift.

Rost. Für Holzfeuerung würde bei einem gewöhnlichen Roste die freie Rostfläche und damit die zuströmende Luftmenge zu groß sein, es werden, um sie etwa auf die Hälfte zu ermäßigen, an den vier Seiten eiserne Platten eingelegt, zwischen welchen die Roststäbe liegen.

Bei bituminösen Kohlen kommen Roste der verschiedensten Bauart in Anwendung; sie sind ganz oder zum Theil Schüttelroste, eintheilig oder zweitheilig, in letzterem Falle ist der vordere Theil gewöhnlich für sich drehbar, um die Schlacke entfernen zu können.

Bei Verwendung von Anthracitkohle, die zur Verbrennung von allen Kohlen die meiste Luft gebraucht, werden in der Höhe über der Kohlenschicht die beiden Feuerkisten durchbohrt und die Oeffnungen ausgebuchst, so daß also auch über dem Feuer Luft einströmt.

Der Rost wird gebildet von schmiedeeisernen, der Länge nach in Entfernung von etwa 1″ liegenden Röhren von 2″ Durchmesser, Fig. 85 Diese Röhren sind in die beiden Feuerkistenwände wie Sieberöhren eingezogen, und circulirt das Kesselwasser in ihnen. Den Rohrmündungen gegenüber sind die Wände des Mantels durchbohrt und mit Kopfschrauben geschlossen. Durch diese Oeffnung erfolgt die Reinigung, Reparatur und Auswechselung der Roströhren. Bei den längsten Feuerkisten sind sie in der Mitte noch einmal unterstützt.

Zur Entfernung der Schlacke ist in der Mitte oder an mehreren Stellen statt des Rohres ein massiver runder Eisenstab eingeschoben, der vom Führerstande aus herausgezogen und oft so angeordnet wird, daß er auch hin- und hergeschüttelt und zur Seite gedreht werden kann.

Die Dauer dieser Röhren soll günstigen Falles gleich der der Feuerkiste sein, und sich dieser Rost bei Anthracitkohle, der kein anderer Roststab widersteht, überhaupt sehr gut bewährt haben.

Die Reparatur und Erneuerung der Roststäbe erfordern im Locomotivbetriebe keine kleine Ausgabe, und würden Versuche zu empfehlen sein, ob nicht auch bei den hier üblichen Bauarten der Feuerkisten und den zur

Verwendung kommenden Kohlen Röhrenroste eingerichtet werden können, welche auf die Dauer sich billiger stellen und die directe Heizfläche nicht unerheblich vergrößern.

Die Locomotiven der amerikanischen Bahnen haben vielfach noch eine bemerkenswerthe Einrichtung in der Feuerkiste. Von der Decke dieser nach der Vorderwand gehen, in den Wandungen mit Schlußschrauben befestigt, vier Sieberöhren, wie Fig. 85 dieses zeigt, welche quergelegte feuerfeste Steine tragen, die so eine Schutzkappe bilden, welche die Flamme von den Sieberöhren abhält. Die der Vorderwand zunächst liegende Steinlage ist einigemal durchbrochen, damit übergerissenes Brennmaterial in den Feuerraum zurückfallen kann.

Diese Kappe hat gleichzeitig den Zweck der besseren Rauchverzehrung, indem der größte Theil der Verbrennungserzeugnisse nicht unmittelbar in die Sieberöhren abfließen kann, sondern seinen Weg um die Steinlage herum nehmen muß, also längere Zeit der Hitze ausgesetzt ist.

Auch diese Röhren vergrößern in sehr wirksamer Weise die directe Heizfläche.

Bei der besprochenen Einrichtung sind beide Feuerkisten unterhalb der Kappe einigemal durchbohrt und die Löcher mit Rohrenden ausgebuchst; die einströmende Luft soll der Rauchverbrennung förderlich sein.

Je nach dem Feuerungsmateriale, Holz, bituminöse Kohle oder Anthracitkohle sind die Formen und Abmessungen der Schornsteine andere.

Bei wenig zum Funkensprühen geneigten, also harten und stückreichen Kohlen, u. A. auch der Anthracitkohle, ist der Schornstein oft cylindrisch und ohne auffallende Vorrichtung, das übergerissene Brennmaterial zurückzuhalten und zu sammeln. Bei bituminösen Kohlen und Holz haben die Schornsteine äußerlich oft die absonderlichsten Formen und gewaltige Abmessungen, bis 5′ Durchmesser in der Krone, mit Funkenfänger, Aschensammler 2c.

7. Ankerlose Locomotivkessel.

Die jetzigen Feuerbuchsen mit ihren ebenen Wänden erfordern zu ihrer Verstärkung mehrere hundert Stück Stehbolzen, Verankerungen u. dergl., welche zu Schäden Veranlassung geben, den Locomotivkessel vertheuern und die Ausbesserungen erschweren.

Man ist in neuerer Zeit bestrebt, den Feuerkisten einen kreisförmigen Querschnitt zu geben und zu den inneren Feuerkisten wellenförmig gewalztes Blech (Wellblech) zu verwenden, wodurch die Verankerungen ganz oder zum Theil unnöthig werden.

Fig. 89 und 90 zeigen den hinteren Theil eines Kessels mit Wellrohrfeuerbuchse. In das vordere Ende des Wellrohres C ist die runde Rohrwand eingenietet, und das hintere Ende desselben ist mit der Kesselwand vernietet.

Fig. 89.

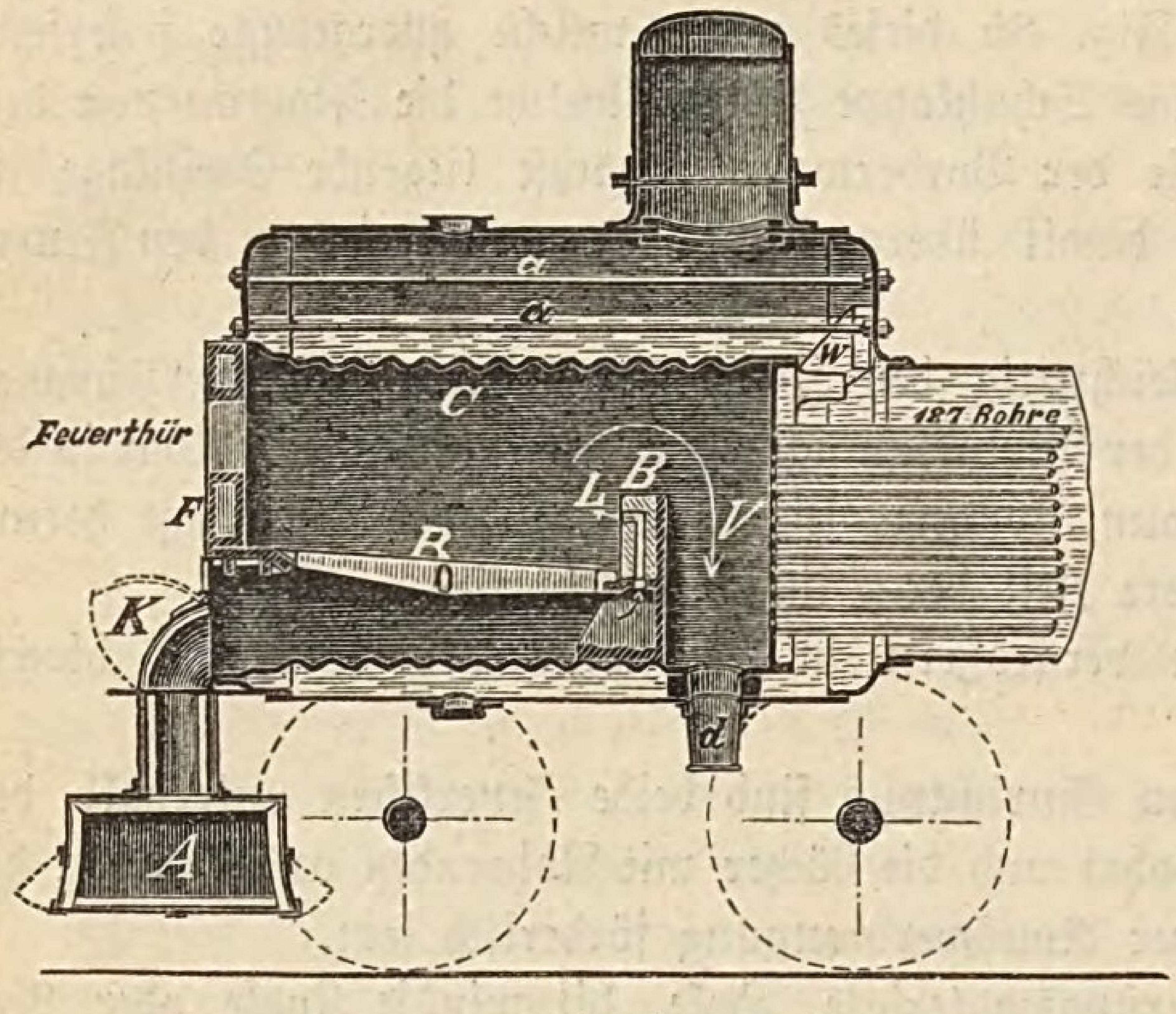
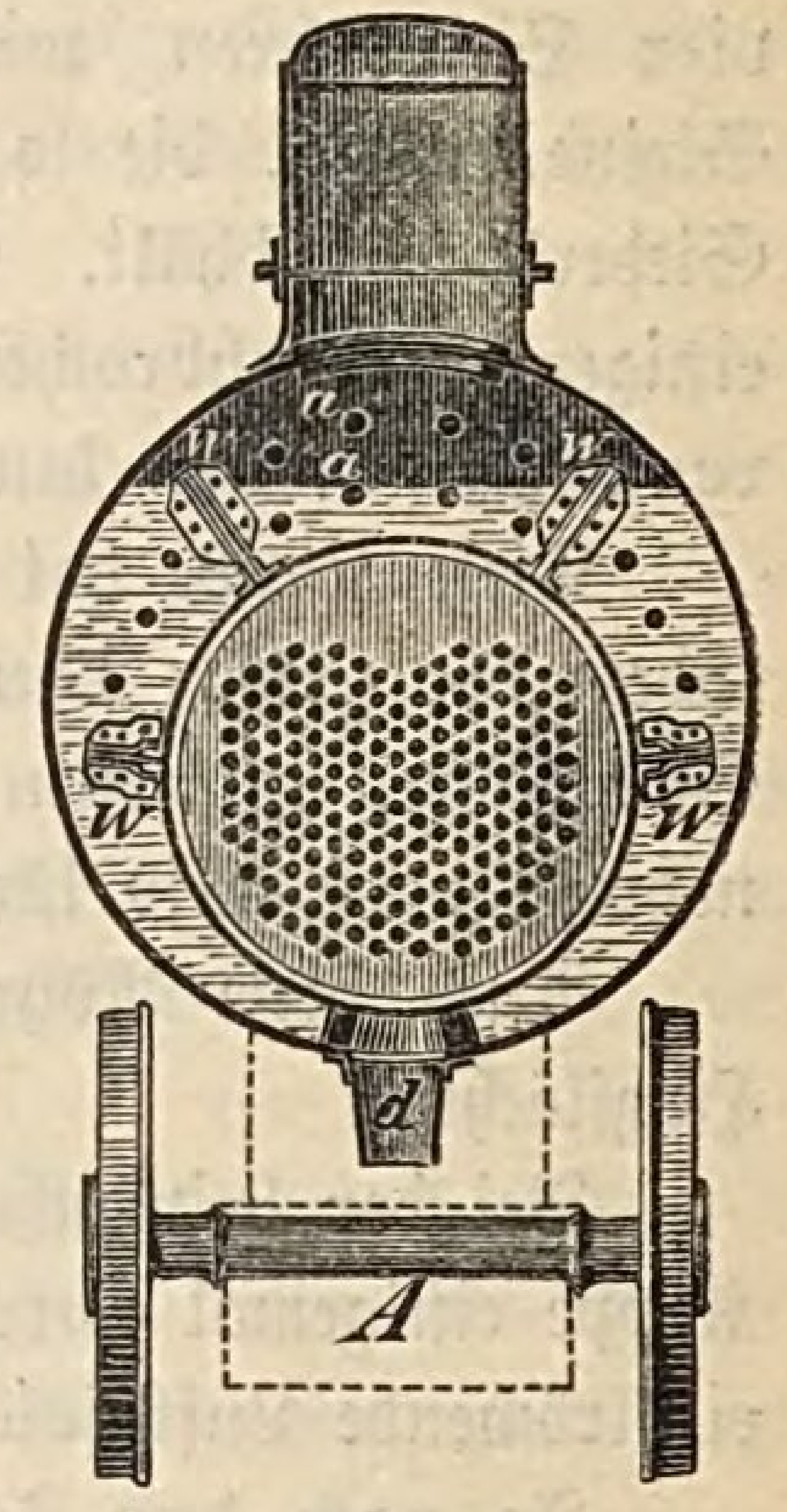


Fig. 90.



Ankerlose Kessel. *(1:80)*

Um die Lage des Wellrohres zu sichern, ist es durch 4 Winkel W mit dem äußeren Kessel verbunden, und bei d ist ein Bodenring angebracht. Das Wellrohr hat an dieser Stelle eine Oeffnung zum Herausnehmen der Flugasche.

Die unter dem Rost sich ansammelnden Aschentheile werden durch die Klappe K in den unten liegenden Aschenkasten A gezogen.

F ist die Feuerthür, R der Rost, B eine Feuerbrücke aus Chamott, in welcher sich mehrere Luftzuführungslöcher L befinden. Zur Erzielung einer guten Verbrennung ist die Verbrennungskammer V angeordnet.

Der in Fig. 89 abgebrochen gezeichnete Langkessel hat die gewöhnliche cylindrische Form.

Ankerloser Kessel von Lentz. Die Figuren 91 und 92 zeigen einen ankerlosen Kessel mit Wellrohr-Feuerbuchse, welcher nach beiden Enden zugespitzt und oben gewölbt ist, während er unten eine gekrümmte Form hat, dabei ist der Querschnitt jedoch überall kreisförmig.

Das Wellblech besteht aus zwei aneinandergenieteten Theilen; der hintere hat eine geneigte Lage, damit die Asche möglichst von selbst in den

unten liegenden Aschkasten fällt, zu welchem Zwecke ein glattes Blech A angebracht ist, auf welchem die Asche leicht rutscht.

B ist eine Feuerbrücke aus Chamott, welche ein ebensolches Gewölbe trägt. Zwischen Feuerbrücke und Rohrwand liegt die Verbrennungskammer C, welche den Zweck hat, eine gute und rauchfreie Verbrennung zu erzielen.

Um die Wärmeausstrahlung nach dem Führerstande möglichst zu beseitigen, besteht die Hinterwand, worin sich die Feuerthür befindet, aus einer hohlen gußeisernen Platte mit Luftdurchführung.

D ist der Aschenfall, vereinigt mit Schlammsack. Ersterer ist oben mit dem Wellrohr vernietet und unten mittelst Bodenring mit einem zweiten

Fig. 92.

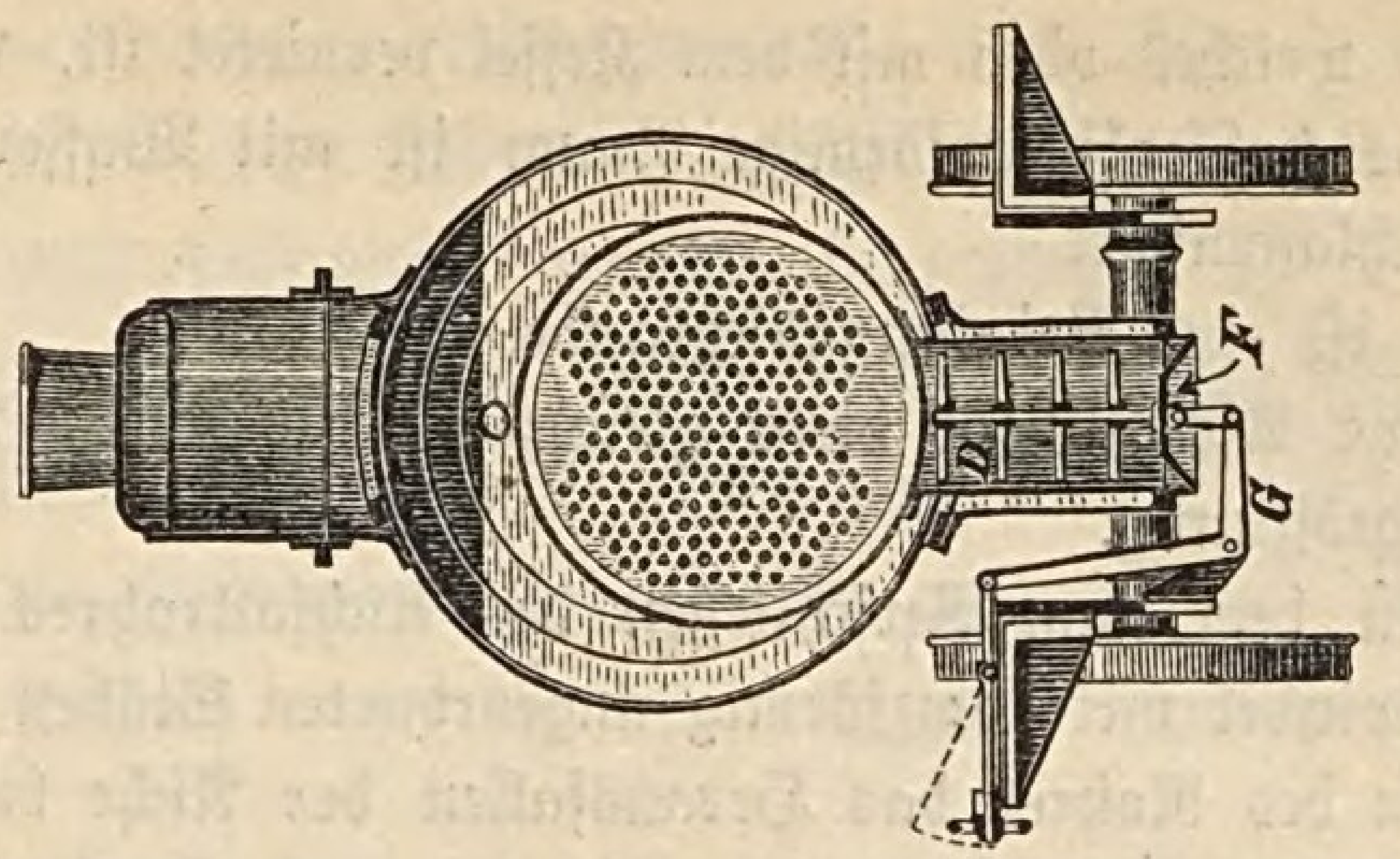
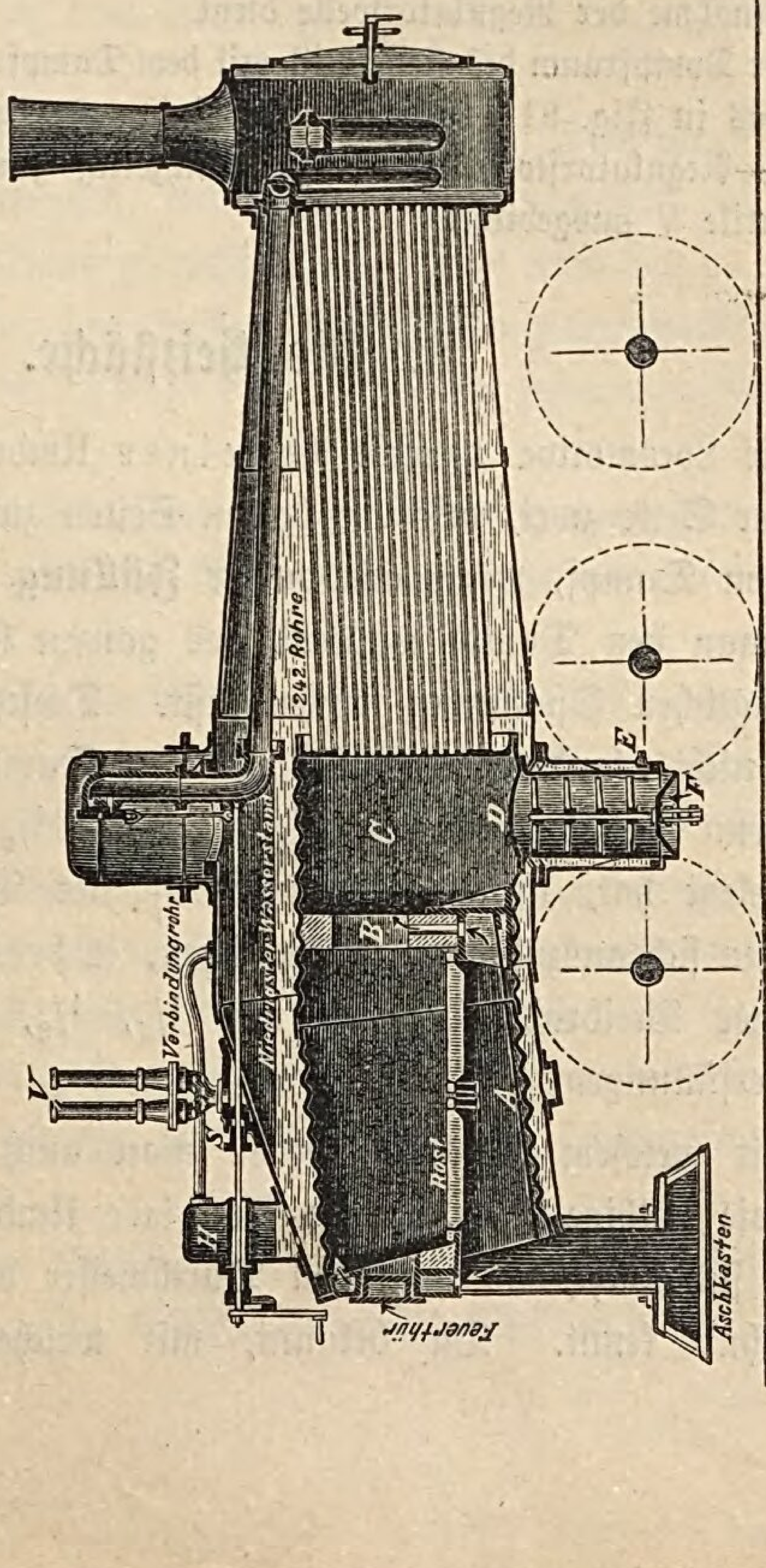


Fig. 91.



HAUSSMANN u. BERGER. X.A. DARMSTADT

Ankerloser Kessel von Lentz. (1:80)

Rohre, welches oben mit dem Kessel vernietet ist, verbunden. Der so entstandene hohlcylinderförmige Raum ist mit Wasser ausgefüllt und bildet den Schlammsack.

E ist eine Reinigungsschraube.

Das Aschfallrohr dient gleichzeitig als Stütze des Wellrohres und als Einsteigeöffnung.

An dem zum Verschließen des Aschfallrohres dienenden Deckel F ist eine Spindel mit kreuzförmig angeordneten Stäben angebracht, welche beim Oeffnen des Rohres das Herausfallen der Asche beschleunigen. Der Deckel wird mittelst Winkelhebel G, Fig. 92, und Handrad mit Gewinde von der Seite aus gehoben und gesenkt.

Zum Anbringen der Armaturstücke ist nahe am Führerstande ein kleiner Dom H angebracht. Quer durch diesen Dom ist ein Rohr genietet, welches zur Aufnahme der Regulatorwelle dient.

Der Dampfraum des Kessels ist mit dem Dampfraume des kleinen Domes durch das in Fig. 91 angedeutete Verbindungsrohr verbunden.

Die Regulatorstopfbuchse S ist gleichzeitig zur Aufnahme der Sicherheitsventile V ausgebildet.

8. Die Heizfläche.

Die Locomotive braucht bei einer Umdrehung der Treibräder an jeder Seite zwei, also an beiden Seiten zusammen vier Cylinderfüllungen Dampf, wenn mit **voller Füllung** gefahren wird, d. h., wenn man den Dampf während des ganzen Kolbenweges mit seiner ursprünglichen Spannung wirken läßt. Dieses geschieht nun in der Regel nicht, sondern man schließt den Dampf von den Cylindern ab, wenn der Kolben erst $^1/_4$, $^1/_3$, $^3/_8$, $^1/_2$ ..... seines Weges zurückgelegt hat, um die Expansivkraft des Dampfes, das ist sein Bestreben sich auszudehnen, auszunützen, es braucht dann die Maschine bei einer Treibradumdrehung nur $^1/_4$, $^1/_3$, $^3/_8$ ..... von vier Cylinderfüllungen.

Mit welchem Expansionsgrade man auch in der Regel fahren mag, die nöthige Dampfmenge für eine Umdrehung der Treibräder ergiebt sich leicht, da man den Durchmesser des Cylinders und den Kolbenhub kennt. Da bekannt, mit welcher Geschwindigkeit die

Locomotiven fahren, wie viel Umdrehungen also das Treibrad in der Zeiteinheit, z. B. in einer Minute machen soll, so ist auch damit die Menge Dampf bestimmt, welche der Kessel in einer Minute entwickeln muß. Wir wissen nun weiter, welcher Wassermenge die zu entwickelnde Dampfmenge entspricht und können also an einen Dampfkessel die Forderung stellen, so und so viel Wasser in einer Minute in Dampf von der beabsichtigten Spannung zu verwandeln.

Aus dem gewöhnlichen Leben ist schon bekannt, daß man eine bestimmte Menge Wasser um so schneller heiß machen und in Dampf verwandeln kann, je mehr Feuer unter dem Siedegefäße, und je ausgebreiteter dieses nach dem Feuer zu ist, also je mehr Fläche es dem Feuer bietet.

Bei dem Locomotivkessel ist dieses ebenso. Denjenigen Theil der Oberfläche der Kesselwand, welcher vom Feuer berührt und direct von den Strahlen des Feuers getroffen wird, nennt man die directe, denjenigen, welcher von den heißen Verbrennungserzeugnissen, den Gasen, umspült wird, die indirecte, und beide zusammengenommen die totale Heizfläche.

Bei dem Locomotivkessel bilden die fünf Wandungen der inneren Feuerkiste die directe, und die Gesammtinnenfläche der Siederöhren die indirecte Heizfläche.

Die Heizfläche nimmt die Wärme auf und theilt sie dem Wasser mit; je größer sie ist, um so mehr Wasser wird in der Zeiteinheit verdampft, und hängt somit die Leistungsfähigkeit eines Kessels von der Größe der Heizfläche ab. Es wird dabei vorausgesetzt, daß die Größe der Rostfläche zu der der Heizfläche in einem erfahrungsmäßig guten Verhältnisse steht; eine große Heizfläche, der wegen zu kleinen Rostes zu wenig Hitze zugeführt wird, ist eben so wenig von guter Wirkung, wie eine zu kleine Heizfläche bei übermäßig vieler Feuerung.

Bei Besprechung des Rostes führten wir an, daß die totale Rostfläche gleich $^1/_{80}$—$^1/_{100}$ der totalen Heizfläche sein muß.

Unter dieser Voraussetzung hat sich ergeben, daß bei einem Locomotivkessel, um in 1 Minute 1 Liter Wasser zu verdampfen, die totale Heizfläche gleich 1,1—1,4 qm sein muß.

Die indirecte Heizfläche ist bei Personenzug-Maschinen 9—18 Mal
„ Güterzug- „ 13—20 Mal
„ Gebirgs- „ 19—30 Mal
größer als die directe.

Gewöhnlich nimmt man an, daß 1 qm directer Heizfläche eben so viel Wasser verdampft wie 3 qm indirecter, so daß die gesammte Siederohrinnenfläche, wenngleich sie im Mittel etwa 13 Mal größer ist als die Feuerkistenfläche, dennoch nur etwa 5 Mal mehr Wasser in derselben Zeiteinheit verdampft.

Bei kräftigem Luftzuge in der Feuerkiste und gut flammendem Brennstoffe wird die Flamme auf 20—60 cm in die Siederöhren eingesogen; die indirecte Heizfläche zunächst der Feuerkistenrohrwand ist von bedeutend besserer Wirkung als die der Röhren auf ihrer weiteren Länge, wo keine Flamme mehr vorhanden ist (wo nur die Verdampfungsfähigkeit der heißen Verbrennungsgase wirkt). In der Nähe der hinteren Rohrwand wird die Verdampfungsfähigkeit der Siederöhren annähernd so groß, wie die der Feuerkiste ist; man nimmt an, daß die Siederöhren in einer Länge von etwa 60 cm zunächst der Feuerkiste eben so viel wirken wie in der ganzen weiteren Länge.

Welche Anzahl Siederöhren und wie große Heizflächen die Locomotiven verschiedener Gattung haben, ist in der Tabelle der II. Abtheilung angegeben.

II. Die Armatur.

Wie bereits in der Einleitung angegeben, faßt man die Nebentheile eines Dampfkessels, welche ihn erst zu einem sicheren Gebrauche tauglich machen, unter dem Namen „Armatur" zusammen. Sie bezwecken bei dem Locomotivkessel:

1. die Beobachtung des Wasserstandes,
2. die Speisung des Kessels,
3. die Beobachtung der Dampfspannung,
4. die Sicherheit gegen Dampfüberdruck,
5. die Regelung des Feuers,
6. die Dampfleitung,
7. die Möglichkeit, hörbare Signale zu geben,
8. die Sicherheit gegen brandgefährlichen Funkenauswurf,
9. die Entleerung und Reinigung des Kessels.

1. Die Beobachtung des Wasserstandes.

Die von dem Feuer oder den heißen Gasen berührten Flächen des Locomotivkessels (die Heizfläche) müssen stets vom Wasser umspült sein, da anderenfalls die Metallwände glühend werden und in diesem Zustande dem Dampfdrucke nicht mehr widerstehen.

Gesetzliche Bestimmung ist, daß der Wasserspiegel in einem Dampfkessel immer mindestens noch 100 mm über der höchsten vom Feuer berührten Stelle, bei einem Locomotivkessel also 100 mm über der Feuerkistendecke stehen, und daß der Kessel mindestens zwei Vorrichtungen haben soll, welche die Höhe des Wasserstandes mit Sicherheit erkennen lassen.

Der Locomotivführer hat den **wirklichen** Wasserstand von dem **scheinbaren** zu unterscheiden; es ist eine bekannte Thatsache, daß beim Oeffnen des Regulators das Wasser im Kessel steigt, wenngleich die Wassermenge dieselbe geblieben ist. Diese Erscheinung erklärt sich so: wird in einem überall geschlossenen Gefäße Wasser erhitzt, so sammelt sich der Dampf über demselben und drückt mit seiner augenblicklichen Spannung nach allen Richtungen, also auch auf das Wasser selbst. Letzteres brodelt in Folge dessen nicht wie bei dem Sieden in einem offenen Gefäße, der Dampf bildet sich nur an der Oberfläche des Wassers, er löst sich schichtenweise ab. Wenn nun ein Theil des angesammelten Dampfes beim Oeffnen des Regulators abfließt, so wird der Druck über dem Wasser etwas kleiner, und kommt alsdann die um etwas größere Dampfspannung im Wasser zur Geltung, die Dampfentwickelung geht nunmehr in der ganzen Wassermasse vor sich. Diese füllt sich mit einer unzähligen Menge von kleinen in die Höhe steigenden und fortwährend sich erneuernden Dampfbläschen, welche den Rauminhalt des Wassers vergrößern und den Wasserspiegel steigen machen.

Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich beim Oeffnen einer Flasche kohlensauren Wassers. Letzteres, das bei geschlossener Flasche unter dem Drucke der darüber lagernden Kohlensäure steht, füllt sich beim Entkorken, wenn der Druck aufhört, mit unzähligen kleinen Bläschen von Kohlensäure an. Der Rauminhalt des Wassers wird größer und die Flasche läuft über.

Das Wasserstandsglas zeigt bei geöffnetem Regulator den scheinbaren Wasserstand.

Wird der Regulator geschlossen, so hört die Blasenbildung auf, es tritt der frühere Zustand wieder ein.

Der Locomotivführer hat diese Erscheinung wohl zu beachten und **darf während der Fahrt bei geöffnetem Regulator das Wasser nicht zu tief sinken lassen, damit** beim Schließen desselben nach dem Eintreten des wirklichen Wasserstandes **nicht eine Entblößung der Feuerkistendecke vom Wasser zu befürchten steht.**

Beim Berganfahren befindet sich im hinteren Theile des Kessels wegen der geneigten Stellung mehr Wasser, welches beim Ueberschreiten des Brechpunktes zum Theil nach dem vorderen Ende stürzt, insbesondere, wenn der Steigung ein Gefälle folgt, weil der Kessel in eine entgegengesetzte geneigte Stellung kommt: Wassermangel über der Feuerkiste kann alsdann um so leichter eintreten, weil in der Regel in dem der Steigung folgenden Gefälle, um die Geschwindigkeit des Zuges zu mäßigen, der Regulator geschlossen werden muß, also auch gleichzeitig der wirkliche Wasserstand eintritt.

Probirhähne. Ueber die Höhe des Wasserspiegels verschafft der Locomotivführer sich Kenntniß durch die über der Feuerkistendecke in die Kesselwand eingeschraubten drei Probirhähne ppp, Fig. 4 und 5, Tafel 2, von welchen der unterste 100 mm über der Feuerkistendecke sitzen muß. Geöffnet lassen diese Hähne entweder Dampf oder Wasser ausströmen, welches der Führer am Geräusch und durch das Gefühl des vorgehaltenen Fingers unterscheidet.

Der untere Hahn muß geöffnet stets Wasser ausströmen lassen. Von den Probirhähnen wird selten Gebrauch gemacht, gewöhnlich nur dann, wenn der andere Wasserstandsanzeiger schadhaft ist; jedoch darf der Führer, auch wenn dieses nicht der Fall, nicht unterlassen, dieselben zeitweise zu benutzen, damit sie gangbar bleiben, und er von dem guten Zustande derselben Gewißheit behält.

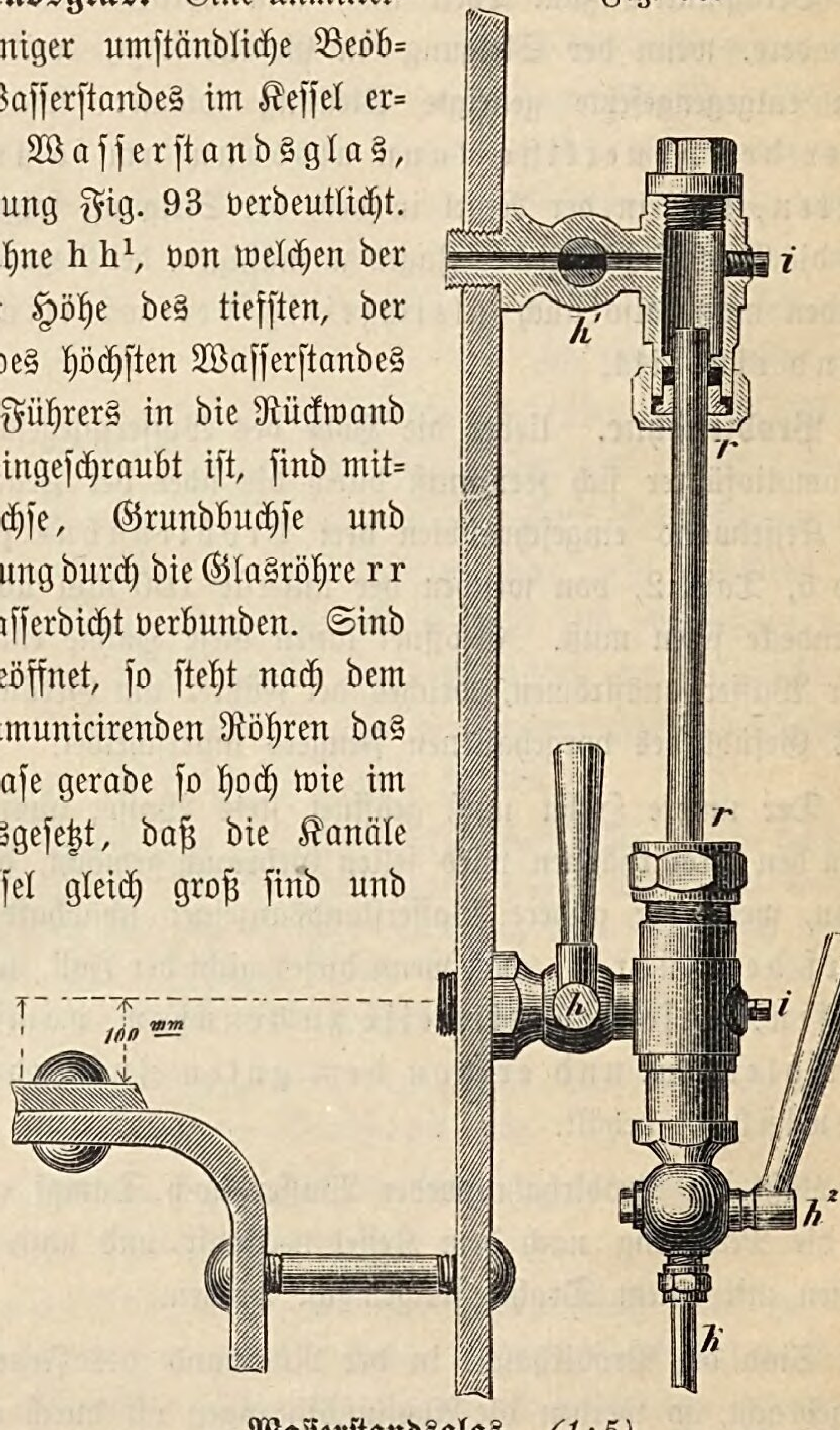
Läßt ein Probirhahn weder Wasser noch Dampf ausströmen, so ist die Mündung nach dem Kessel verstopft und muß durch Durchstoßen mit einem Drahte freigemacht werden.

Sind die Probirhähne in der Rückwand des Feuerbuchsmantels angebracht, so werden die Ausflußöffnungen oft durch ein Rohr verbunden, welches das ausfließende Wasser in einen Trichter und durch ein anschließendes Kupferrohr unter den Führerstand leitet, Fig. 4 und 5, Taf. 2. Für die Sauberkeit ist diese Einrichtung ganz gut,

dagegen ist die Untersuchung, ob dem Probirhahne Wasser oder Dampf entströmt, ohne Verbindung sicherer.

Wasserstandsglas. Eine unmittelbare und weniger umständliche Beobachtung des Wasserstandes im Kessel ermöglicht das Wasserstandsglas, dessen Einrichtung Fig. 93 verdeutlicht. Die beiden Hähne h h¹, von welchen der untere in der Höhe des tiefsten, der obere in der des höchsten Wasserstandes zur Seite des Führers in die Rückwand des Mantels eingeschraubt ist, sind mittelst Stopfbuchse, Grundbuchse und Gummiverpackung durch die Glasröhre r r dampf- und wasserdicht verbunden. Sind beide Hähne geöffnet, so steht nach dem Gesetze der communicirenden Röhren das Wasser im Glase gerade so hoch wie im Kessel, vorausgesetzt, daß die Kanäle nach dem Kessel gleich groß sind und nicht einer von beiden ganz oder zum Theil verstopft ist. Das Letztere ist gewöhnlich dann der Fall, wenn die Wassersäule im Glase ruhig steht und nicht an den Schwankungen des Wassers im Kessel Theil nimmt. Unten befindet sich

Fig. 93.



Wasserstandsglas. (1:5)

noch ein dritter Hahn h^2, welcher dazu dient, Verstopfungen der beiden Kanäle zu heben; wird er nämlich geöffnet, so strömt ein kräftiger Strahl von Wasser und Dampf durch die oberen Hähne und spült deren Kanäle rein. Das abfließende Wasser wird durch ein anschließendes Rohr K unter das Trittbrett geleitet, Fig. 4, Taf. 2. Wenn Verstopfungen sich hierdurch nicht beseitigen lassen, so nimmt man die kleinen Schräubchen i i los und fährt mit einem Drahte durch die Oeffnungen.

Auf stark geneigten Strecken, insbesondere, wenn der Kessel lang ist, kann es vorkommen, weil das Wasser im Kessel die wagerechte Lage beibehält, daß an dem einen Ende die von dem Feuer oder den heißen Gasen berührten Wände noch von Wasser umspült, während sie an dem anderen Ende schon entblößt sind; man giebt deshalb den Gebirgsmaschinen oft an beiden Enden des Kessels ein Wasserstandsglas.

Sehr starke Schwankungen des Wassers im Glase, also auch im Kessel, lassen auf Unreinigkeiten im Kesselwasser, namentlich auf Schlamm, Fett, Seife 2c. schließen; der Führer darf nicht unterlassen, wenn diese Erscheinung eintritt, möglichst bald auszuwaschen.

Wie bei den Probirhähnen, so muß auch bei dem Wasserstandszeiger der untere Hahn h geöffnet stets Wasser ausfließen lassen, da er in der Linie des tiefsten Wasserstandes oder noch tiefer eingeschraubt ist.

Nicht alle Bahnen gehen bei der Anbringung des Wasserstandsglases von dem gleichen Grundsatze aus. Der Hahn h, Fig. 93, wird entweder in der Höhe des niedrigsten Wasserstandes, also 100 mm über der Feuerkiste, eingeschraubt, oder man bringt ihn so an, daß bei dem niedrigsten Wasserstande das Wasser eben aus dem Glase verschwindet.

Ein gutes und kunstgerecht eingesetztes Wasserstandsglas hält monatelang und springt in den meisten Fällen durch äußere Veranlassung. Das Glas muß durchweg innen und außen ganz rund sein, an jeder Stelle denselben Durchmesser, sowie die gleiche Wand-

stärke haben, dabei reines Krystallglas und frei von Blasen, Schlackenresten u. s. w. sein. Die Enden müssen senkrecht zur Achse sauber abgeschnitten werden. Es ist gut, dasselbe vor dem Gebrauche in Oel zu kochen und mit dem Bade erkalten zu lassen.

Zum Schutze gegen Splitter beim Zerspringen des Glases ist es mit einem Mantel von Messing- oder Eisenblech umgeben, der auch gleichzeitig beim Rückwärtsfahren, bei Wind, Regen und Schnee die einseitige und deshalb schädliche Abkühlung verhindert. Durch eine von oben nach unten führende Spalte nach der Seite des Führers ist das Glas sichtbar.

Fig. 94. *(1:5)*

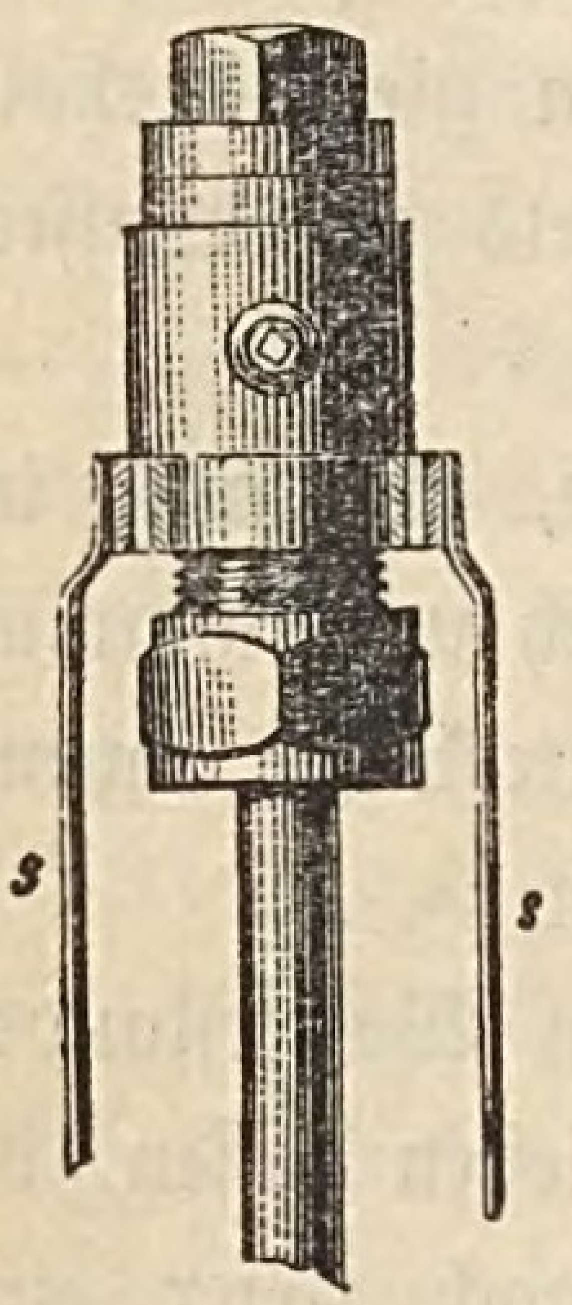


Fig. 95.



Schutzgitter.

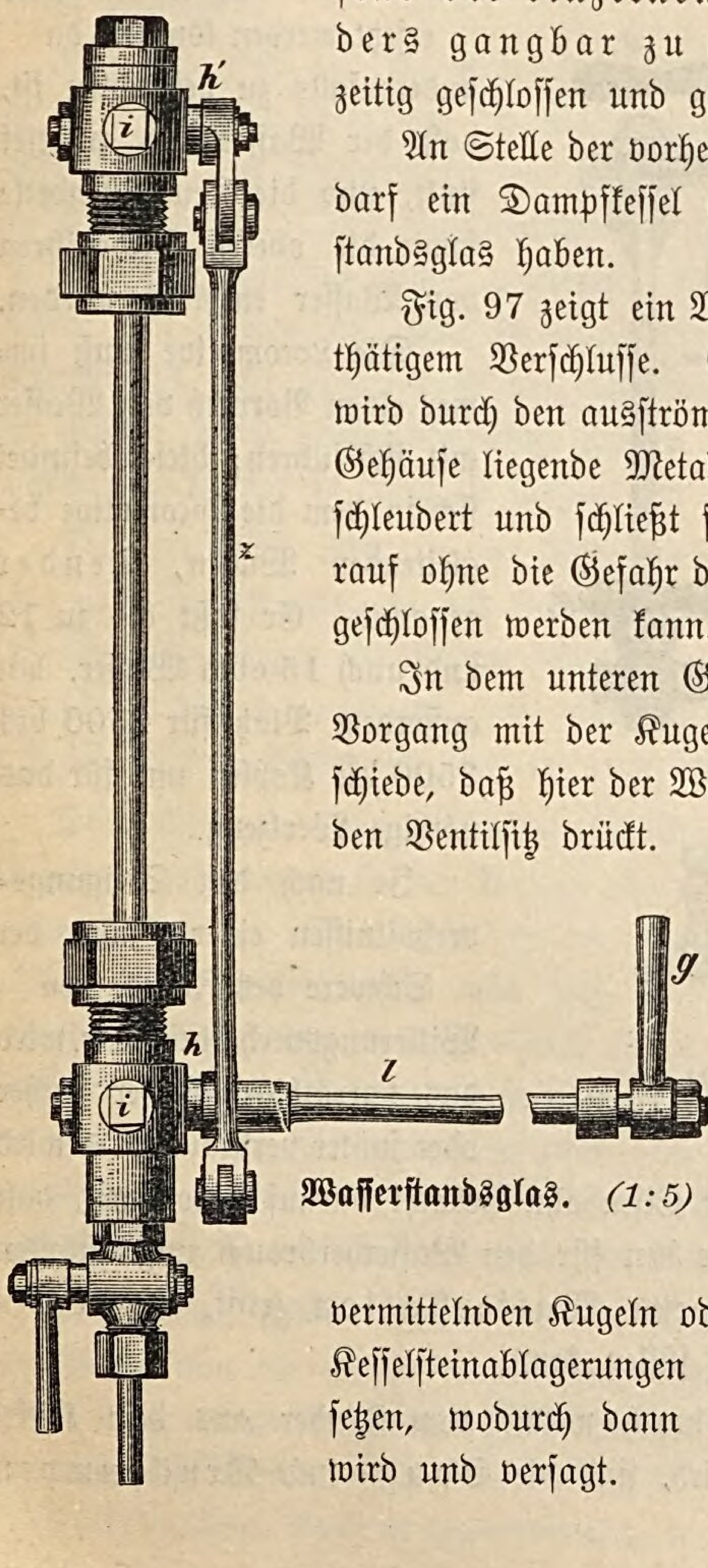
An Stelle des Mantels findet man auch Schutzgitter von senkrechten Eisenstäben s s s, Fig. 94 und 95.

Springt ein Glas, so öffnet man den untersten und schließt die beiden oberen Hähne. Wenn sie nicht ganz gangbar gehalten werden, so macht das Schließen Schwierigkeit, um so mehr, weil die beiden ausfahrenden Strahlen von Dampf und Wasser die Aussicht behindern. Bei einer solchen Gelegenheit ist schon der Griff eines Kükens oder auch der ganze obere oder untere Theil des Wasserstandszeigers abgebrochen und dadurch eine Störung in der Fahrt eingetreten. Es darf nicht versäumt werden, die Küken dann und wann, etwa beim Auswaschen, herauszunehmen und mit Talg einzufetten, dieselben auch dann und wann zu gebrauchen, damit sie gangbar bleiben. Nachdem ein zersprungenes Glas ersetzt ist, wird zunächst, zum Anwärmen des neuen, der Dampfhahn h^1 allmälig und dann der Wasserhahn h geöffnet und der unterste Hahn h^2 geschlossen.

Oft sind die beiden oberen Hähne des Wasserstandsglases durch eine Zugstange z, wie in Fig. 96, verbunden, und ist der untere Hahn

mit der Lenkstange l versehen, so daß der Führer von seinem Stande aus an dem Griff g beide Hähne gleichzeitig handhaben kann und sich beim Schließen, wenn das Glas gesprungen ist, nicht die Finger verbrennt. Bei einer solchen Einrichtung sind die einzelnen Küken ganz besonders gangbar zu halten, weil sie gleichzeitig geschlossen und geöffnet werden.

Fig. 96.



Wasserstandsglas. *(1:5)*

An Stelle der vorher besprochenen Probirhähne darf ein Dampfkessel auch ein zweites Wasserstandsglas haben.

Fig. 97 zeigt ein Wasserstandsglas mit selbstthätigem Verschlusse. Springt das Glas a, so wird durch den ausströmenden Dampf die in einem Gehäuse liegende Metallkugel k in die Höhe geschleudert und schließt sofort den Ventilsitz v, worauf ohne die Gefahr des Verbrühens der Hahn g geschlossen werden kann.

In dem unteren Gehäuse wiederholt sich der Vorgang mit der Kugel k^1, nur mit dem Unterschiede, daß hier der Wasserstrahl die Kugel gegen den Ventilsitz drückt.

Die durch Fig. 97 dargestellte, sowie die auf gleichen Grundsätzen beruhenden Anordnungen leiden an dem Uebelstande, daß die die Dichtungen vermittelnden Kugeln oder Ventile sich leicht durch Kesselsteinablagerungen in ihren Gehäusen festsetzen, wodurch dann der Wasserstand verstopft wird und versagt.

2. Speisung des Kessels.

Das Wasser, welches dem Locomotivkessel in Dampfform entzogen wird, muß zu jeder Zeit — beim Fahren und beim Stillstehen — mit völliger Sicherheit reichlich ersetzt werden können, da anderenfalls zu befürchten ist, daß der Wasserstand zu tief sinkt, und die Feuerkistendecke sowie die oberen Sieveröhren von Wasser entblößt werden.

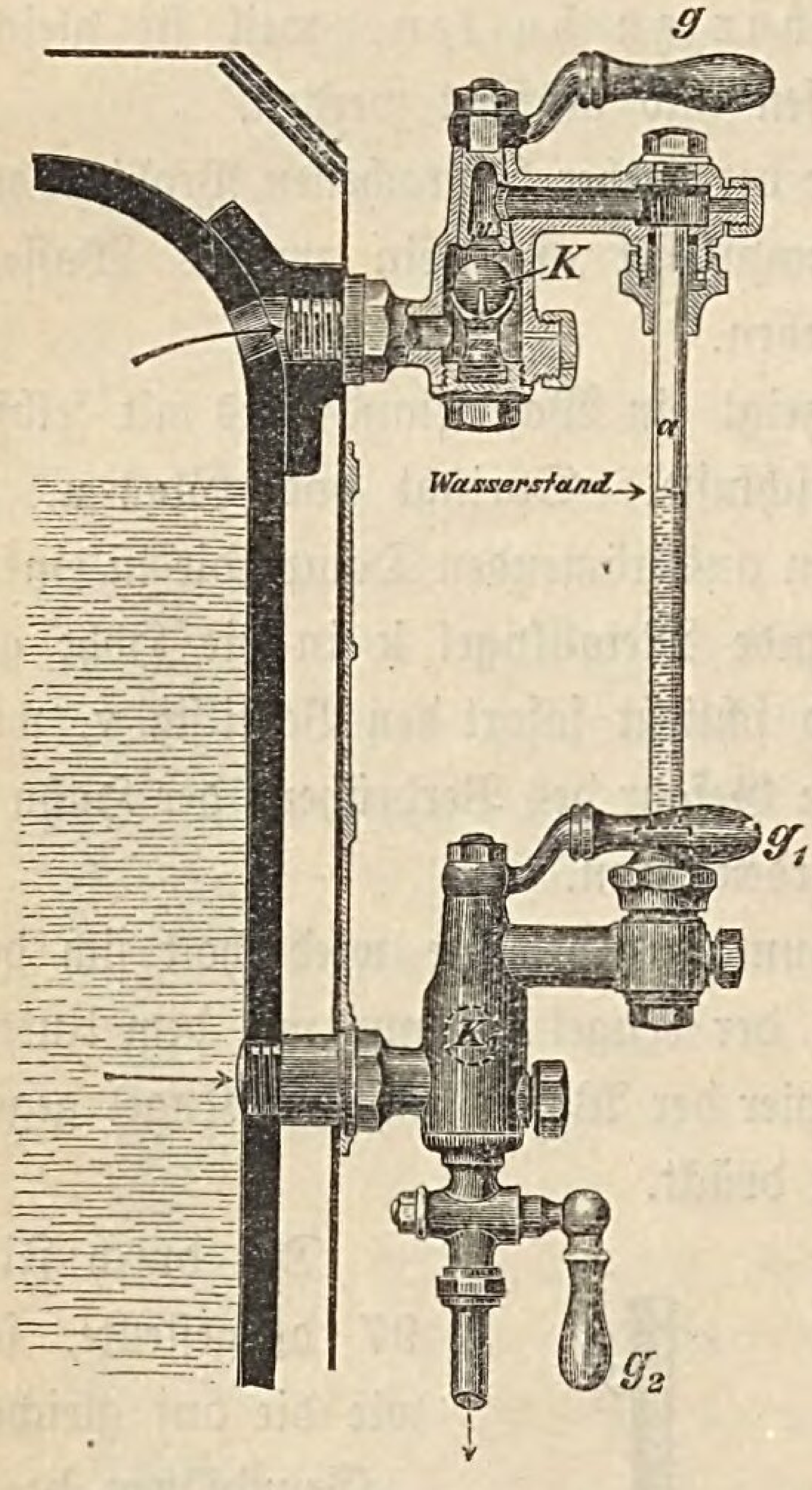


Fig. 97. (1:10)

Die Locomotive muß immer einen Vorrath von Wasser mit sich führen; dieser befindet sich in dem die Locomotive begleitenden Wagen, Tender genannt. Er faßt bis zu 12 und auch 15 cbm Wasser, hat außerdem Platz für 2500 bis 3500 kg Kohlen und für das nöthige Werkzeug.

Je nach den Steigungsverhältnissen einer Bahn, der Schwere des Zuges, den Witterungsverhältnissen ꝛc. wird das vorräthige Wasser früher oder später verbraucht, es wird deshalb bei Anlage einer Eisenbahn Bedacht darauf genommen, daß der Locomotivführer unter den für den Wasserverbrauch ungünstigsten Verhältnissen früh genug eine Wasserstation trifft, wo er den entleerten Tender wieder füllen kann.

Die Vorrichtungen, durch welche vom Tender aus dem Kessel das Wasser zugeführt wird, sind die Saug- und Druckpumpen

(siehe in diesem Theile: III. Naturlehre) oder die Dampfstrahlpumpen (Injectoren).

Die Saug- und Druckpumpen kommen bei den Locomotiven nicht häufig mehr vor. Wir wollen jedoch eine von den Bauarten derselben besprechen.

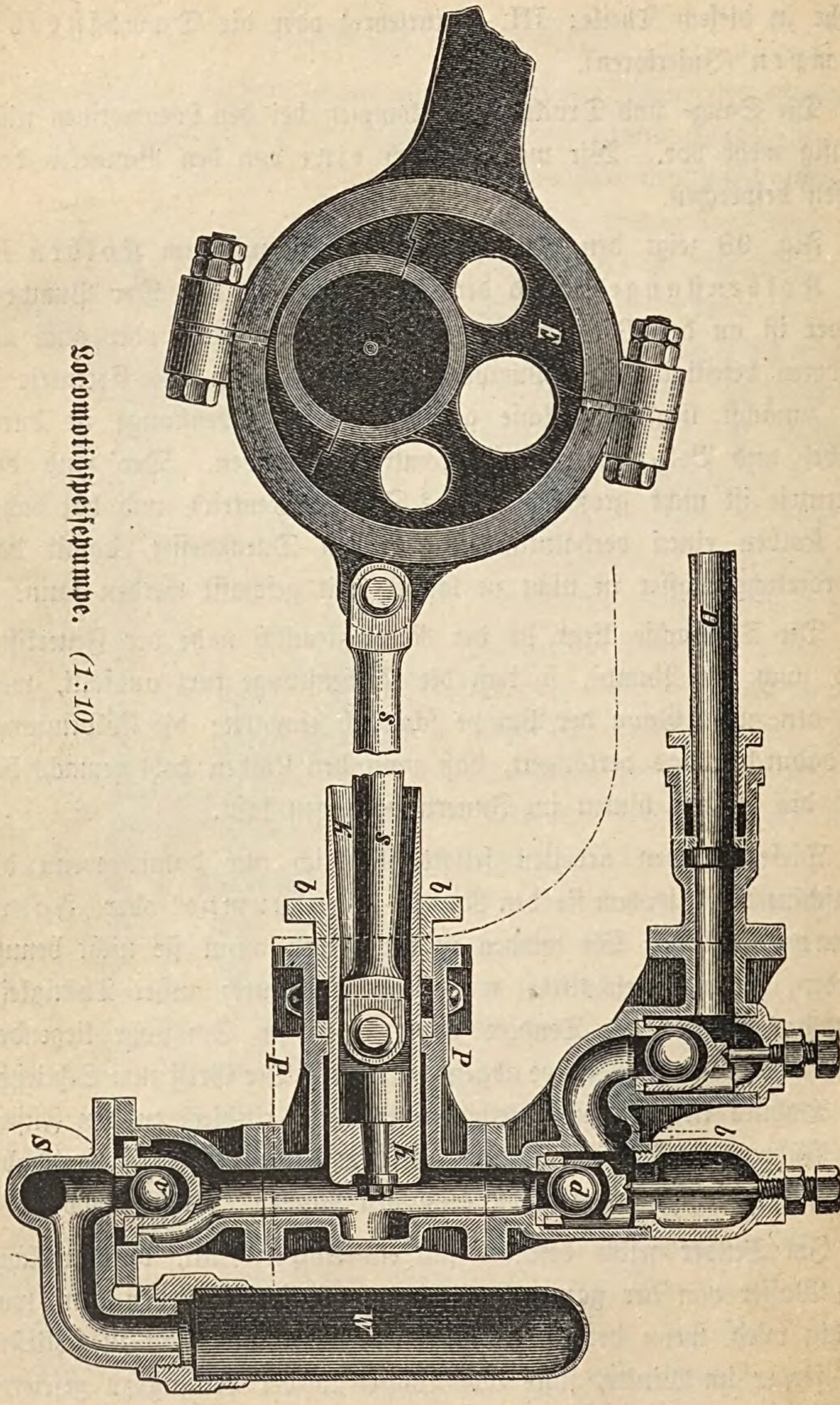
Fig. 98 zeigt den Pumpenstiefel P mit dem Kolben K, der Kolbenstange S und der Stopfbuchse b. Der Pumpenkörper ist an der Vorderwand des Feuerbuchsmantels oder auch am Rahmen befestigt. Der Pumpenkolben wird durch das Excentric E der zunächst liegenden Achse getrieben; die Kolbenstange ist durch Gabel und Bolzen mit dem Excentric verbunden. Der Hub des Excentric ist nicht groß (es ist das Schieberexcentric), und hat daher der Kolben einen verhältnißmäßig großen Durchmesser, damit das erforderliche Wasser in nicht zu langer Zeit geschafft werden kann.

Die Treibachse liegt in der Regel ziemlich nahe der Feuerkiste, also auch der Pumpe, so daß die Kolbenstange kurz ausfällt, was auf den guten Gang der Pumpe schädlich einwirkt; die Kolbenstange ist dadurch etwas verlängert, daß man den Kolben hohl gemacht hat und die Stange hinten im Innern angreifen läßt.

Diese Pumpen arbeiten selbstverständlich nur dann, wenn die Maschine läuft, wovon sie den Namen „Laufpumpe" oder „Fahrpumpe" haben. Sie werden in der Regel, wenn sie nicht benutzt werden, nicht ausgeschaltet; man setzt sie dadurch außer Thätigkeit, daß das Wasser des Tenders durch einen im Saugrohr liegenden Absperrhahn von der Pumpe abgesperrt wird. Der Griff zum Schließen des Hahnes liegt oft unmittelbar über dem Trittblech zu den Füßen des Führers, welcher dann auch mit dem Fuße den Griff handhabt, und führt die Pumpe hiervon auch den Namen „Fußpumpe".

Im Tender selbst befindet sich ein Absperrventil, durch welches das Wasser von der ganzen Rohrleitung abgesperrt werden kann, was nöthig wird, wenn der andere Hahn schadhaft und nicht zu schließen ist; ferner im Winter, falls das Wasser in der Leitung zu gefrieren

Fig. 98.



Locomotivspeisepumpe. (1:10)

droht, und auch noch, wenn der Tender von der Maschine entfernt (abgekuppelt) werden soll.

Tender und Locomotive hängen nicht starr verbunden, sondern durch Kuppelstangen beweglich an einander, damit sich beide mit Leichtigkeit durch Krümmungen bewegen können. Da das Saugrohr von der an der Maschine befestigten Pumpe nach dem Tender geht, so muß es eine Einrichtung (Schlauchverbindung) haben, welche erlaubt, daß das Rohr den Bewegungen zwischen Tender und Locomotive folgen kann, da es sonst in Krümmungen brechen würde.

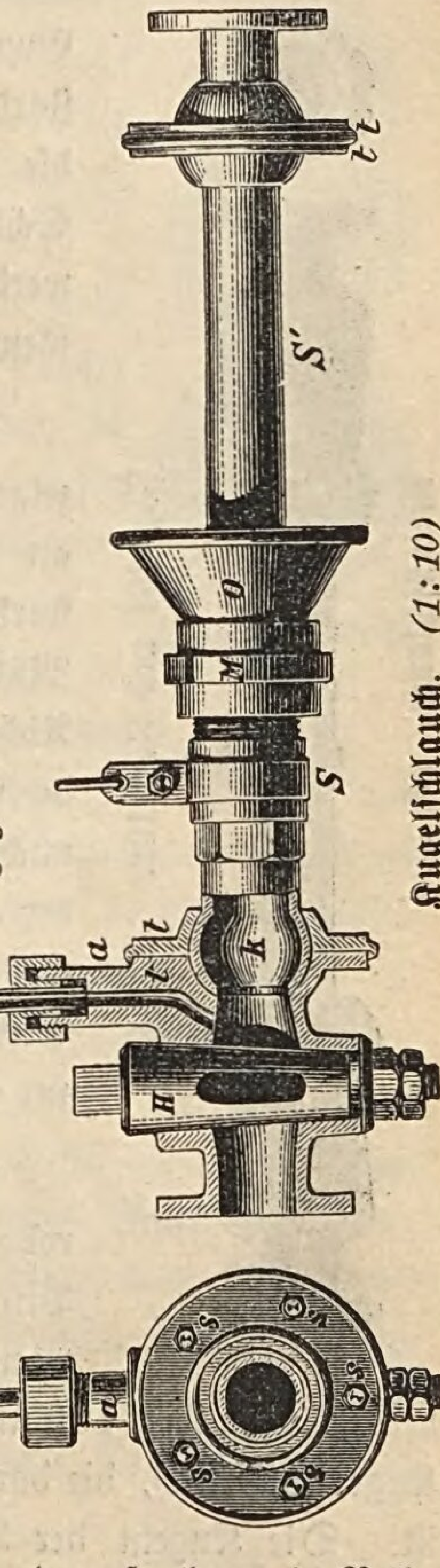


Fig. 99 u. 100. Kugelschlauch. (1:10)

Metallschläuche. Fig. 99 u. 100 zeigen eine Schlauchverbindung von Messing, Kugelschlauch; demselben ist der Hahn H zum Abschluß des Wassers und der Ansatz a angegossen, worin die Wärmeröhre w dampfdicht eingepaßt wird. Die Beweglichkeit ist erreicht durch zwei Kugelgelenke. Die beiden Schläuche S S′ endigen in Kugeln K, welche zwischen den Tellern t t nach allen Richtungen hin beweglich sind. Ueber die Kugeln wird zur Dichtung gewöhnlich ein Hanfkranz gelegt, worauf die Teller durch einige Schrauben s s angezogen werden. Die Schrauben dürfen nur so lange nachgezogen werden, wie man die Schläuche noch mit den Händen nach allen Richtungen hin bewegen kann.

Zieht man die Teller zu fest gegen einander, so kann in Bahnkrümmungen die Kugel vom Schlauche abbrechen. Es darf des-

halb die Dichtung nur vorgenommen werden, wenn der Tender abgekuppelt ist, da sonst die Untersuchung über die Beweglichkeit nicht gemacht werden kann. Die beiden Schläuche werden wasserdicht in der Weise unter sich verbunden, daß man um den dünneren S′ zunächst einen Gummiring oder Hanfkranz legt, ihn in den stärkeren S schiebt und endlich die Verpackung durch die Mutter M anpreßt. Damit der dünnere Schlauch besser in den stärkeren hineingeschoben werden kann, hat die Mutter M den stark kegelförmigen Ansatz O, Trompete genannt.

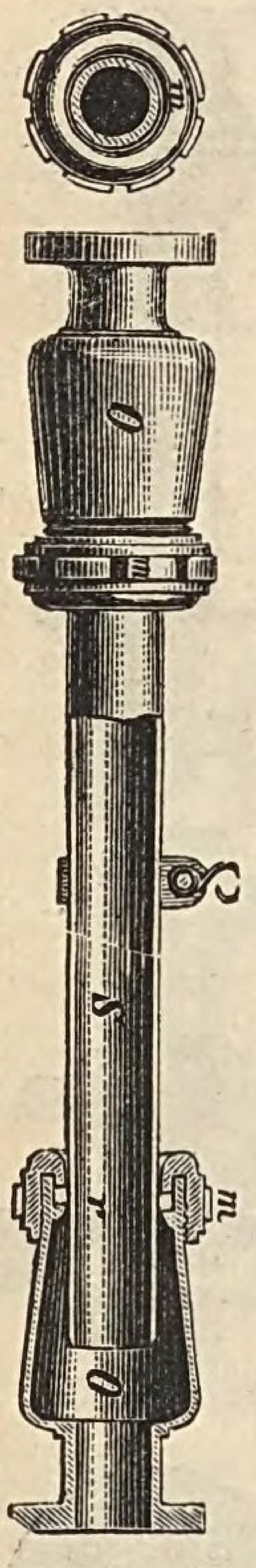


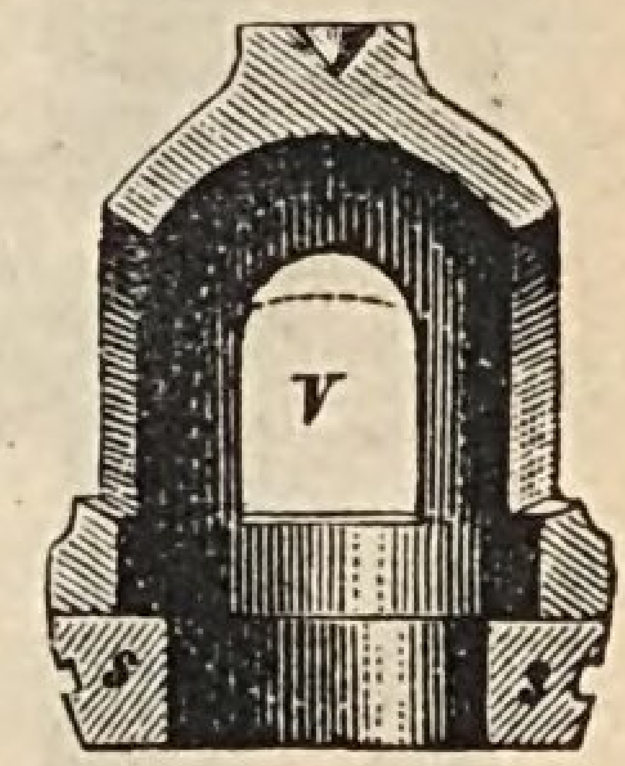
Fig. 101 und Fig. 102. Metallschlauch. (1:10)

Einen einfacheren und billigeren Metallschlauch zeigen Fig. 101 und 102. Die Dichtung wird an jedem Ende des Schlauches S durch einen starken Gummiring r bewirkt, welcher durch die Mutter m angepreßt wird. Auch bei schräger Richtung des Schlauches halten diese Ringe dicht, da sie sich wegen ihrer Biegsamkeit und Federkraft nach der einen Richtung zusammenpressen und nach der anderen ausdehnen. Die Kegelform der Stücke O O verhindert, daß der Schlauch bei schräger Stellung an die Wandungen stößt, was den Bruch zur Folge haben würde.

Möglichst nahe an der Pumpe hat das Saugrohr S (Fig. 98) und das Druckrohr D je ein Ventil, das Saugventil v und das Druckventil d. Die Einrichtung eines solchen Ventils verdeutlichen Fig. 103 und 104. Dasselbe besteht aus einer messingenen Kugel (punktirt), die dampfdicht auf den Ventilsitz ss aufgeschliffen ist. Die Kugeln der Ventile haben ganz denselben Zweck, wie die Klappen der in diesem Theile bei „III. Naturlehre“ beschriebenen Saug- und Druckpumpe. Liegt die Kugel fest auf dem Sitz, so

sperrt sie das Wasser ab, wogegen bei gehobener Kugel das Wasser durchströmt. Ueber der Kugel liegt der Ventilkorb V, welcher den Hub der Kugel begrenzt und verhindert, daß sie zur Seite geschleudert wird. Der Korb hat Durchbrechungen o o zum Durchlaß des Wassers. Der Ventilsitz mit der Kugel und dem Korbe stecken in dem Ventilgehäuse H, Fig. 105, 106 u. 107. Die Schraube s dient dazu, den Ventilkorb fest auf den Sitz zu drücken.

Fig. 103 u. 104.





Pumpenventil.
(1:4)

Die beiden Ventile werden deshalb möglichst nahe der Pumpe angebracht, damit der sog. schädliche Raum zwischen der Pumpe und den Ventilen, in welchem sich leicht Luft ansammelt, die einer guten Thätigkeit der Pumpe entgegenarbeitet, verringert wird.

Man läßt das Speiserohr SS, Fig. 5, Taf. 2, vorn bei der Rauchkammer in den Kessel treten, weil hier der Wärmeunterschied zwischen dem Speise- und dem Kesselwasser am kleinsten und der sich absetzende Kesselstein an dieser Stelle am wenigsten schädlich ist; auch sind die durch das Eintreten des kalten Speisewassers verursachten Spannungen vorn im Langkessel weniger schädlich als hinten bei den Feuerkisten.

Da die Pumpe hinten am Kessel liegt, so ist das Speiserohr sehr lang; man bringt deshalb ganz nahe am Kessel als selbstthätigen Verschluß gegen Wasser und Dampf ein zweites Ventil, Kesselventil, an und nennt nun zur Unterscheidung das Druckventil zunächst der Pumpe Stoßventil*). Das Kesselventil bewirkt zugleich, daß man nicht nöthig hat, die Pumpe lahm zu legen, wenn das Stoßventil schadhaft wird, da sie mit einem Druckventil weiter arbeiten kann.

---

*) In Fig. 98 ist dieses zweite (Kessel-) Ventil hinter dem Stoßventil gezeichnet, der Deutlichkeit wegen.

Fig. 105.

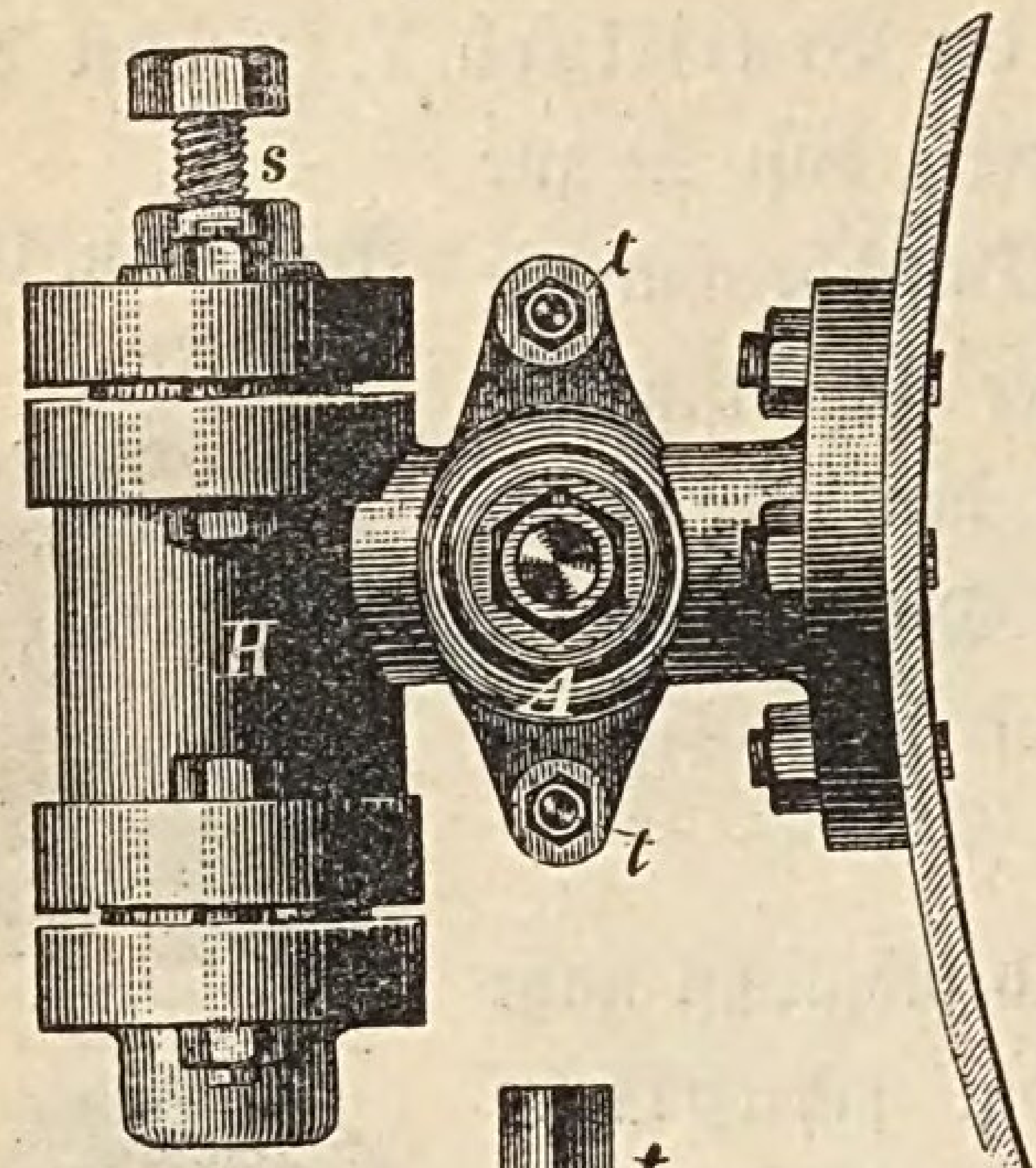
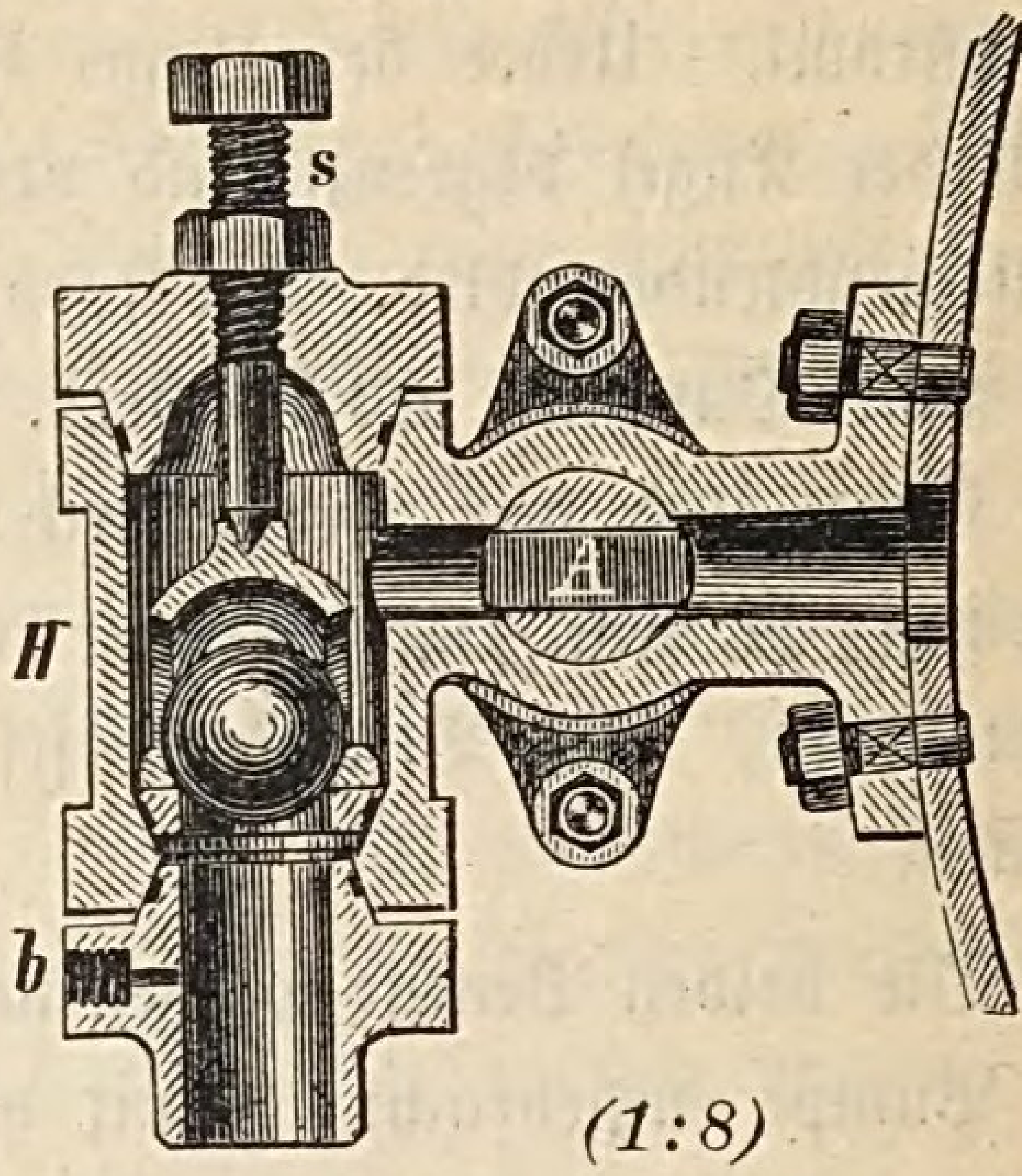


Fig. 106.



(1:8)

Kesselhahn.

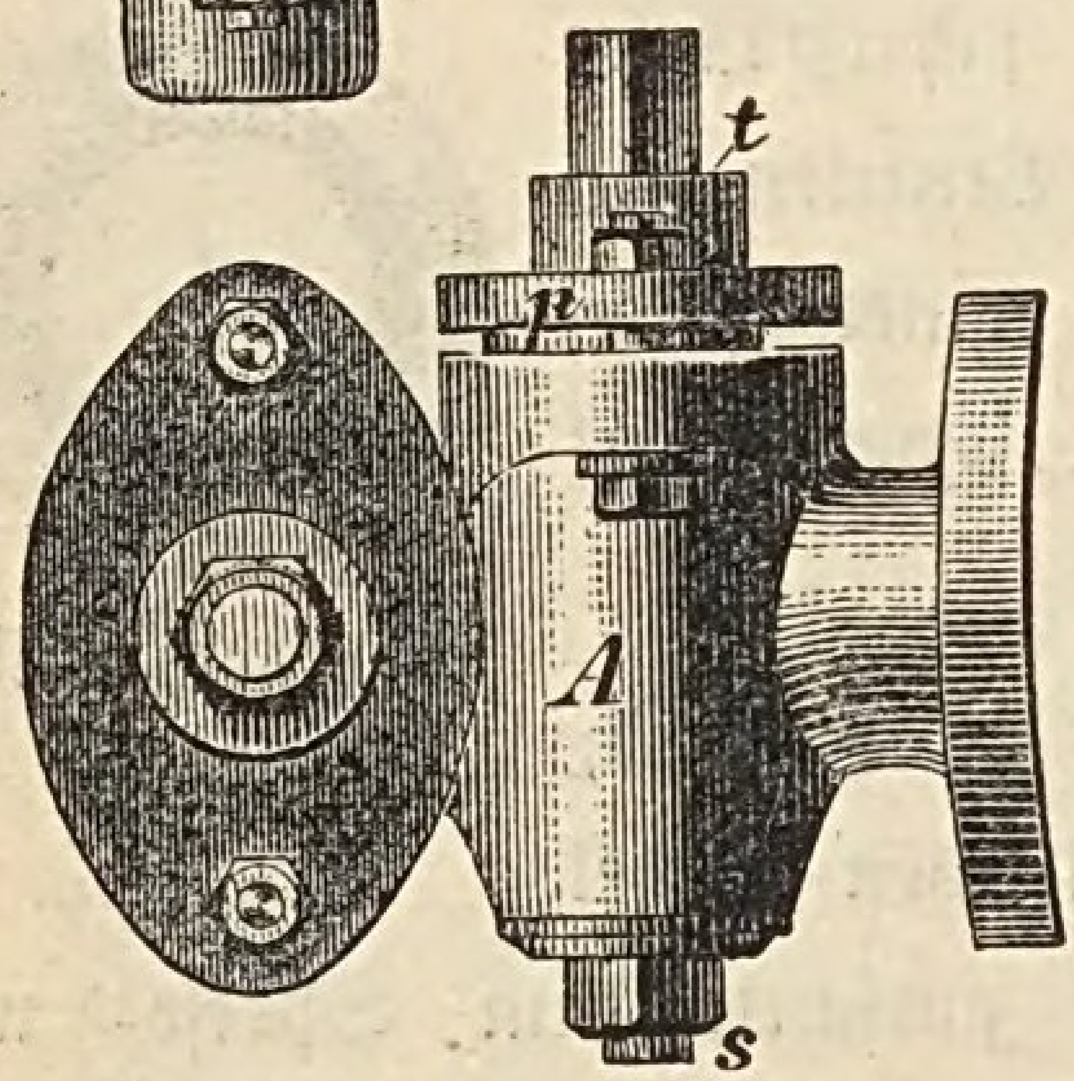


Fig. 107.

Es kann nöthig werden, das Kesselwasser von allen Ventilen und der ganzen Leitung abzusperren, das Kesselventil hat deshalb dicht am Kessel einen verschließbaren Hahn, Kesselhahn, A, Fig. 105, 106 und 107. Für den Fall, daß an dem Küken der Schraubenstift s, Fig. 107, bricht, ist oben eine Sicherung in Form einer auf das Küken drückenden, durch zwei Schrauben t t angezogenen Platte p angebracht. In neuerer Zeit giebt man den Küken aller wichtigen Hähne eine solche doppelte Sicherung.

Wenn das Speisewasser im Tender heiß ist, so tritt Dampf in den Pumpenstiefel, welcher, wie auch die aus dem Wasser entweichende Luft, die Erzeugung eines luftleeren Raumes in dem Pumpenkörper erschwert und dadurch der guten Wirksamkeit der Pumpe hinderlich ist. Zur Abhülfe liegt dicht unter dem Saugventil v (Fig. 98) der Windkessel W, in welchem sich der Wasserdampf und die Luft ansammeln. Dieselben werden in demselben etwas zusammengepreßt, da der Windkessel tiefer als das Wasser im Tender

liegt; wenn nun der Pumpenkolben zurückgeht, so ist die im Windkessel eingeschlossene Luft mit thätig, das Wasser in den Kessel zu drücken. Außerdem macht der Windkessel die Bewegung des Wassers in den Leitungen gleichmäßiger.

Die Pumpe kann nur dann wirksam thätig sein, wenn die ganze Rohrleitung an allen Stellen dicht, und wenn das Spiel der Ventile ein geregeltes ist.

Das Verhalten des Wassers im Wasserstandsglase (wenn es steigt) giebt zwar Aufschluß, daß die Pumpe thätig ist, jedoch nicht schnell und sicher genug; es ist deshalb unterhalb des Kesselventiles ein sog. Probirhahn angebracht (Fig. 98 und 106 zeigen bei b die Bohrung dafür), welcher vom Stande des Führers aus geöffnet und geschlossen werden kann. Arbeitet die Pumpe gut, so spritzt aus dem geöffneten Probirhahne Wasser stoßweise und in kleinen Zwischenräumen aus: das Wasser im Druckrohr steht nämlich unter dem Drucke des in den Stiefel gedrückten Pumpenkolbens, es entströmt dem Probirhahn daher während dieser Zeit Wasser, wogegen beim Rückgange des Kolbens Luft durch den Probirhahn einzuströmen sucht, also der Wasserausfluß aufhört. Da die Kolbenhübe in gleichen Zwischenräumen sich folgen, so muß auch das Wasser in gleichen Zeitabschnitten ausspritzen.

Entströmt dem Probirhahn heißes Wasser oder Dampf, so ist das Kesselventil undicht oder, was auch vorkommen kann, die Ventilkugel hat sich in dem Korbe festgeklemmt — aufgehangen —. In dem letzteren Falle genügen zuweilen einige Hammerschläge an das Ventilgehäuse, um die Kugel frei zu machen. Wird hierdurch der Fehler nicht behoben, so nimmt man nach Verschluß des Kesselhahnes den Deckel vom Ventilgehäuse und untersucht das Ventil. Die Pumpe kann bei schadhaftem Kesselventile noch arbeiten, wenn das Stoßventil in Ordnung ist. Man hat in einem solchen Falle besonders auf das Wasser im Glase zu achten und überzeugt sich außerdem von der Thätigkeit der Pumpen durch das Gehör; die auf- und niedersteigenden Ventilkugeln verursachen nämlich durch Nieder-

fallen auf ihren Sitz und Anschlagen an den Korb ein ziemlich hörbares, knarrendes Geräusch.

Fließt zwar Wasser aus dem geöffneten Probirhahne, aber unregelmäßig, und haucht dabei der Probirhahn Luft, so ist das Stoßventil undicht; es fließt nämlich beim Zurückgange des Kolbens Wasser aus dem Druckrohre in den Pumpenstiefel, und die Luft strömt durch den Probirhahn nach. Auch in diesem Falle kann die Pumpe noch arbeiten, wenn das Kesselventil in Ordnung, der Probirhahn dicht ist und geschlossen gehalten wird.

Läßt endlich der Probirhahn kein Wasser fließen, so arbeitet die Pumpe nicht. In diesem Falle sind entweder die Hähne nicht geöffnet, das Saugrohr ist irgendwo verstopft, oder es ist an irgend einer Stelle eine solche Undichtigkeit, daß keine Luftleere erzeugt werden kann, oder endlich im Tender ist kein Wasser.

Die Ventile im Tender sollten immer mit feinen Drahtnetzen umgeben sein, welche fremde Körper von den Saugröhren abhalten.

Das gute Arbeiten der Pumpen wird auch beeinträchtigt, wenn der Tenderdeckel zu fest aufliegt, weil bei Abnahme des Wassers im Tender eine Luftverdünnung eintritt.

Der Tenderdeckel darf nicht ganz geöffnet werden, da Staub und Kohlentheile in den Tender fliegen, welche das Speisewasser verunreinigen. *Gefährlicher ist es, wenn Putzwolle, Heede oder andere fremde Körper in den Tender gelangen,* da sie in die Saugröhren kommen können und dann das Wasser von der Pumpe absperren. *Es liegt der Fall nicht vereinzelt vor, daß dadurch Störungen im Betriebe vorgekommen sind.*

Wenn eine im Allgemeinen gut arbeitende Fahrpumpe versagt, was ohne besondere Schäden wohl einmal vorkommt, insbesondere, wenn sie nicht zu arbeiten beginnen, nicht „*angreifen*“ will, so kann man dadurch nachhelfen, daß Dampf in das Saugrohr geleitet wird, welcher das Wasser in den Tender treibt, dann das Tenderventil schließt, worauf sich der Dampf alsbald in dem Saug=

rohr verdichtet und eine Luftverdünnung verursacht; wenn dann das Tenderventil wieder geöffnet wird, so stürzt das Wasser schnell in das Saugrohr und den Pumpenstiefel und die Pumpe fängt an zu arbeiten.

Eine Laufpumpe kann selbstverständlich kein Wasser in den Kessel schaffen, wenn die Locomotive still steht; die ältesten Maschinen hatten keine andere Speisevorrichtung, es sah sich daher der Führer zum Zwecke der Speisung oft genöthigt, auf dem Bahnhof herumzufahren — spazierenfahren —. Dieses unnöthig zu machen, haben die Locomotiven, wenn sie überhaupt noch mit Laufpumpen versehen sind, zum Speisen während des Stillstandes eine seitwärts angebrachte kleine Dampfpumpe, die auch Aushülfspumpe ist für den Fall, daß gleichzeitig beide Laufpumpen schadhaft werden. Es ist nöthig, die Dampfpumpe zeitweise in Thätigkeit zu setzen, auch wenn es zum Zwecke der Speisung nicht nöthig ist, damit sie in einem gangbaren Zustande bleibt und ein Fehler daran nicht erst dann entdeckt wird, wenn auch die anderen Pumpen bereits den Dienst versagt haben.

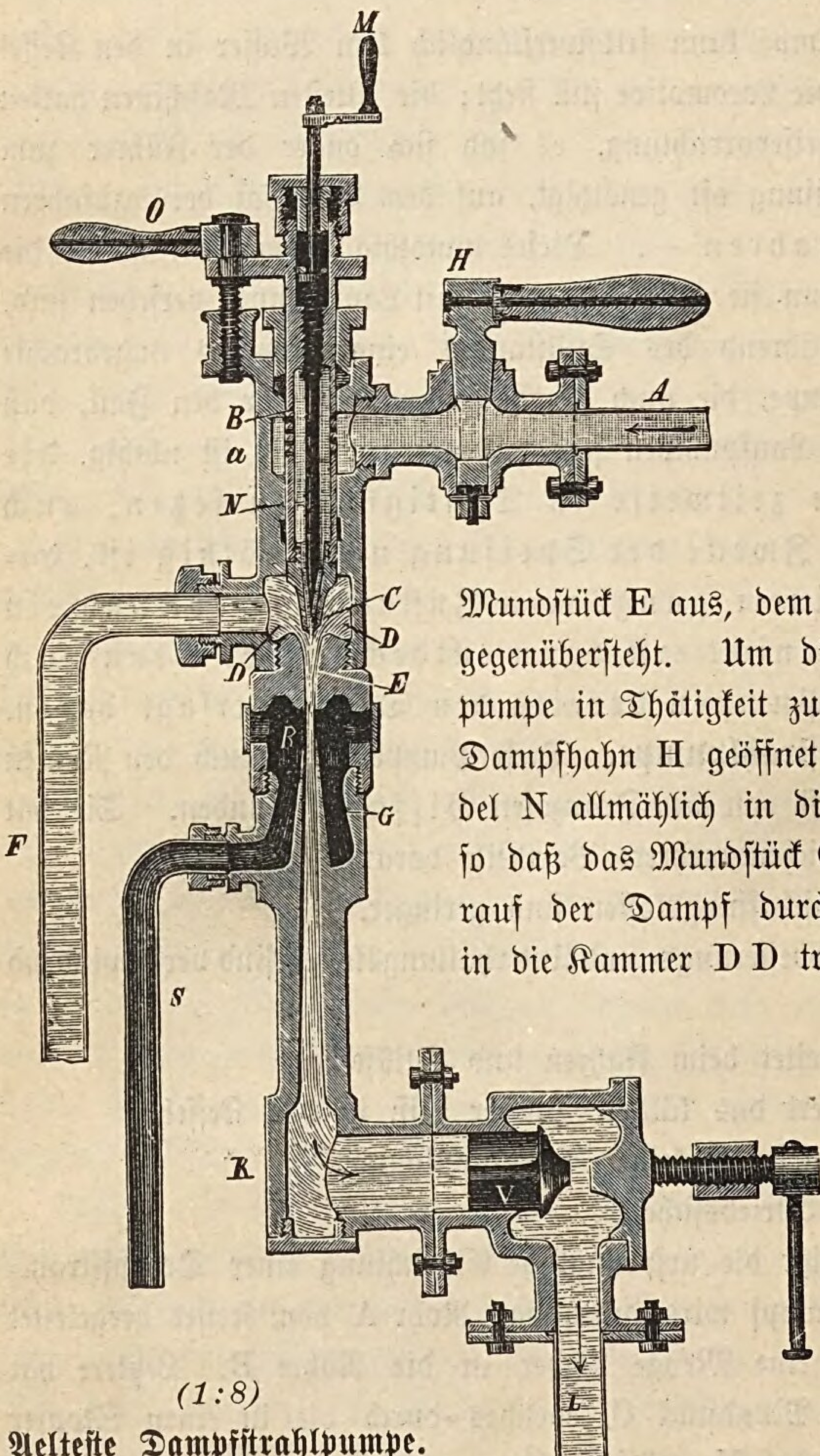
Die Dampfstrahlpumpe. Diese Pumpe führt auch den Namen Injector und ist von dem Franzosen Giffard erfunden. Sie hat vor den gewöhnlichen mehrere Vortheile voraus, nämlich:

1. die Anschaffungskosten sind geringer,
2. die Ausbesserungs- und Unterhaltungskosten sind verschwindend klein,
3. sie arbeitet beim Fahren und Stillstehen,
4. sie liefert das kälteste Wasser heiß in den Kessel,
5. sie bedarf fast keiner Beaufsichtigung,
6. sie ist betriebssicherer.

Fig. 108 zeigt die ursprüngliche Einrichtung einer Dampfstrahlpumpe. Der Dampf wird durch das Rohr A vom Kessel hergeleitet und tritt durch eine Menge Löcher in die Röhre B. Letztere hat das kegelförmige Mundstück C, welches durch die in einen Stopfer auslaufende Spindel N geöffnet oder geschlossen wird, je nachdem

man dieselbe durch Drehen an der Kurbel M auf- oder abwärts bewegt. Der Dampfausfluß kann also durch den Stopfer geregelt werden. Die Röhre B mündet in die Kammer D D, welche durch das Saugrohr F mit dem Tender in Verbindung steht. Die Kammer D D läuft in das kegelförmige Mundstück E aus, dem ein anderes, G, gegenübersteht. Um die Dampfstrahlpumpe in Thätigkeit zu setzen, wird der Dampfhahn H geöffnet und die Spindel N allmählich in die Höhe gedreht, so daß das Mundstück C frei wird, worauf der Dampf durch die Röhre B in die Kammer D D tritt. Dieses geschieht mit einer solchen Geschwindigkeit, daß er die umgebende Luft mitreißt und in D D eine Luftverdünnung erzeugt, in Folge

Fig. 108.



(1:8)

Aelteste Dampfstrahlpumpe.

derer das Speisewasser durch die Saugröhre F in die Kammer D D tritt; man giebt nun mehr Dampf, wodurch das Wasser durch den Dampfstrahl mitgerissen wird. Da der Dampf in dem Wasser sich verdichtet, so tritt aus dem Mundstücke E ein reiner Wasserstrahl, welcher, durch den freien Raum strömend, von dem Stutzen G des Druckrohres aufgenommen wird. Hier öffnet er das Ventil V und gelangt zum Kessel. Die Röhre B ist verschiebbar, man kann daher durch Handhabung einer Kurbel O den Wasserzufluß regeln.

Beim „Anlassen" des Injectors bildet sich nicht sofort ein reiner Wasserstrahl, sondern es sammelt sich in dem Raume R Wasser, welches durch das Schlabberrohr S abgeleitet wird. In der Höhe der Mündung bei R befinden sich zwei gegenüberliegende Löcher, durch welche man den in das Druckrohr G übertretenden weißen Wasserstrahl sehen kann. Einen weiteren Zweck haben diese Löcher nicht, sie werden jetzt gewöhnlich nicht mehr angebracht.

Die Dampfstrahlpumpen sind mit der Zeit immer einfacher und billiger geworden. Der Preis betrug vor etwa 20 Jahren bis 360 Mark, dahingegen jetzt etwa ein Drittheil und weniger, wobei allerdings zu bemerken ist, daß die Dampfstrahlpumpen früher meist ganz aus Messing angefertigt wurden, dagegen jetzt aus Gußeisen, und nur noch die Mundstücke und Düsen aus Messing bestehen. Ferner fehlt bei den neueren Dampfstrahlpumpen die Röhre B, und oft haben sie auch die Spindel N mit dem Stopfer nicht mehr.

Die Dampfstrahlpumpen mit ihren Dampf- und Wasserzuleitungen können auch zur Ableitung überflüssigen Dampfes aus dem Kessel in den Tender und so zur Vorerwärmung des Wassers im letzteren benutzt werden und erhalten ferner häufig noch Einrichtungen, welche ihre Nutzbarmachung zu Feuerlöschzwecken ermöglichen. Wir werden später noch näher auf dieselben eingehen.

Die in 4 und 5, Taf. I und II, und in Fig. 109 angedeuteten Dampfstrahlpumpen P sind außerhalb der Rahmen und tiefer als der niedrigste Wasserstand im Tender zu beiden Seiten des Führerstandes

angebracht, das Wasser aus dem Tender fließt ihnen daher nach

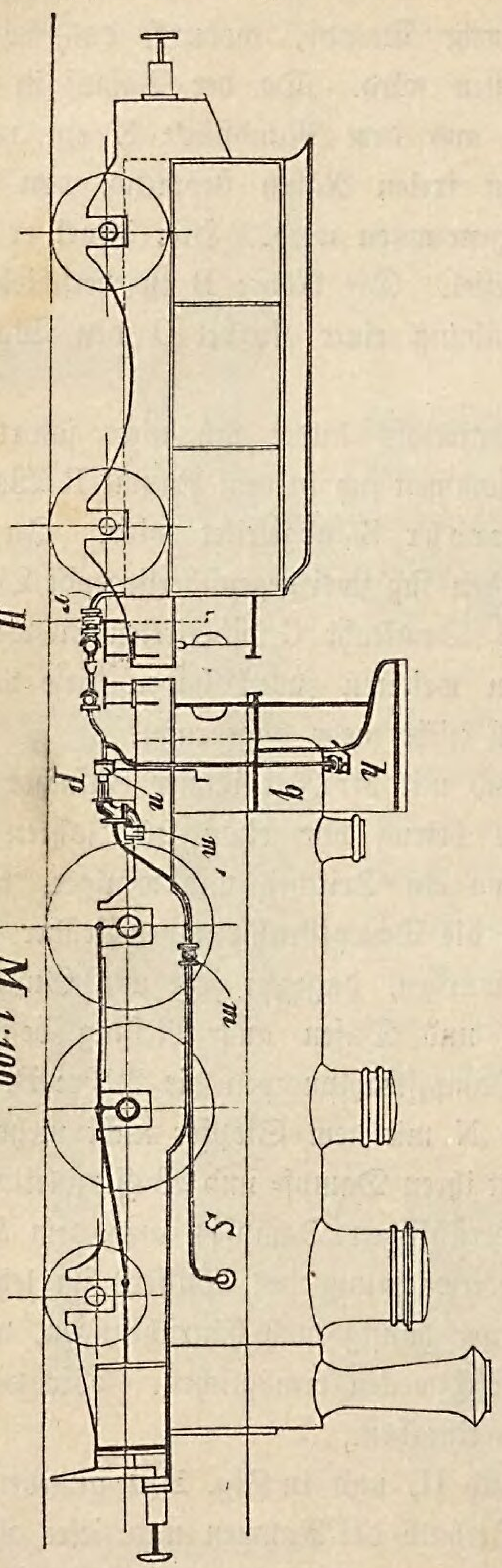


Fig. 109.

Anordnung der Dampfstrahlpumpe und der Wasser- und Dampfleitungen.

Oeffnung des Wasserabschlußhahnes H, Fig. 109, von selbst zu. Der Dampf wird ihnen nach Hebung des Hebels h durch das Rohr q zugeführt und das Speisewasser durch das Rohr S in den Kessel gepreßt. Bei n ist ein Ventil — das Schlabberventil — angedeutet, das vom Führerstande aus geöffnet und geschlossen werden kann und welches zur Ableitung etwa aus dem Tender zu reichlich zufließenden Wassers — Schlabberwasser — dient. Wird dieses Ventil bei dem Anlassen der Dampfstrahlpumpe geschlossen, so gelangt letztere nicht in Thätigkeit, sondern der Dampf strömt rückwärts durch die Strahlpumpe und die Rohrleitung r in den Tender.

Soll die Dampfstrahlpumpe Feuerlöschzwecken dienen, so wird entweder bei m′ an den Pumpenkörper, oder bei m in die

zum Kessel führende Druckleitung ein kurzer Rohrstutzen angebracht, mit welchem die betreffenden Spritzenschläuche verbunden werden können. Da bei dieser ungeschützten Lage die Dampfstrahlpumpen im Winter leicht einfrieren, hat man sie stellenweise an die Stirnwand des Hinterkessels verlegt. Bei dieser Lage befinden sie sich oberhalb des Wasserstandes im Tender und fließt ihnen daher das Speisewasser nicht von selbst zu, es wird daher nothwendig, ihnen eine Einrichtung zu geben, welche sie befähigt, das Speisewasser anzusaugen. Solche das Speisewasser ansaugende Dampfstrahlpumpen arbeiten weniger sicher, sie versagen also leichter als jene, denen das Speisewasser von selbst zufließt, und leiden ferner an dem Uebelstande, daß ein Vorerwärmen des Speisewassers bei ihnen in minderem Grade zulässig ist als bei jenen, weil warmes oder heißes Wasser wenig ansaugefähig ist. Aus dem gleichen Grunde erschwert auch die Erhitzung an der Rückwand des Kessels angebrachter Dampfstrahlpumpen ihre Ingangsetzung.

Fig. 110.

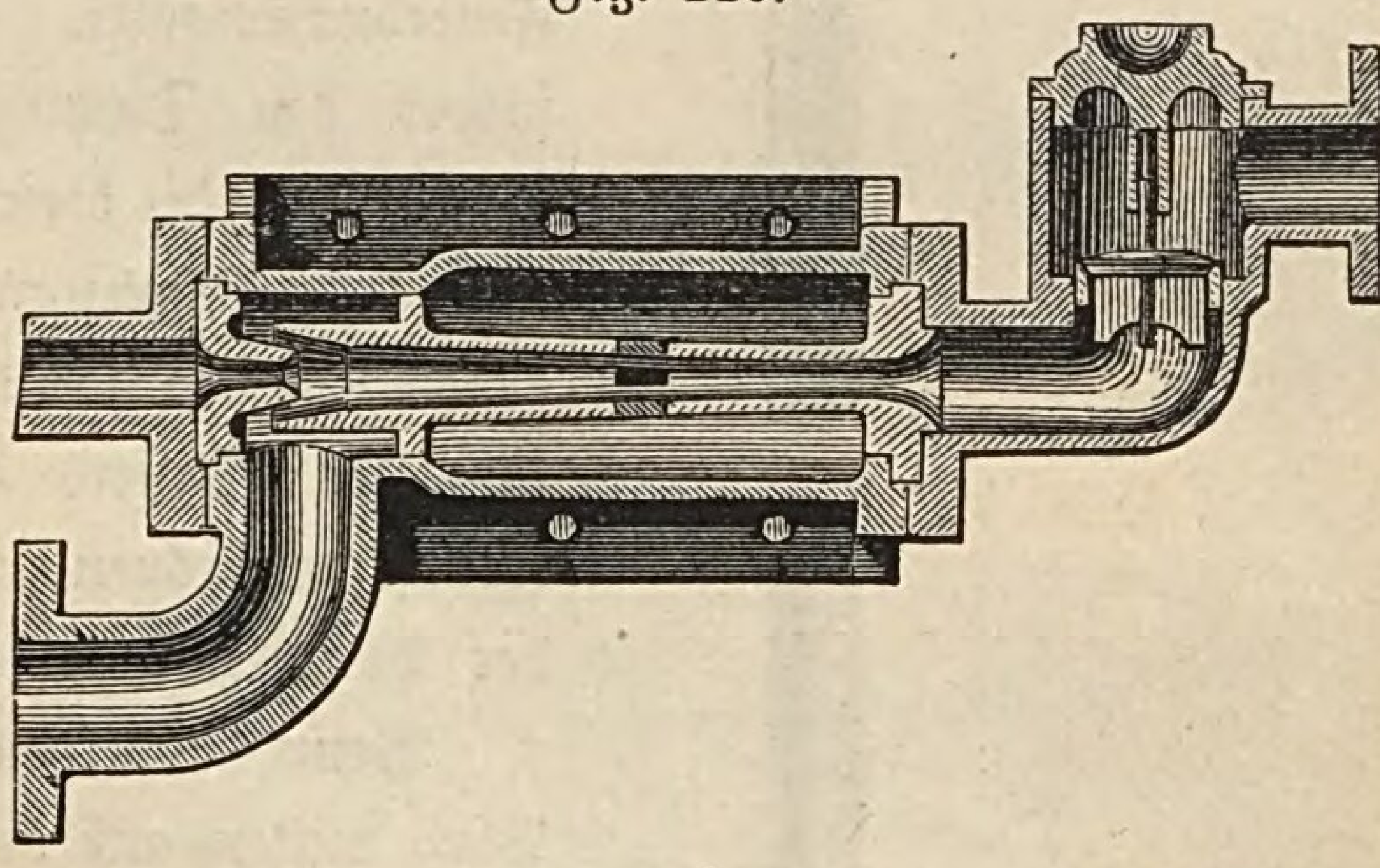
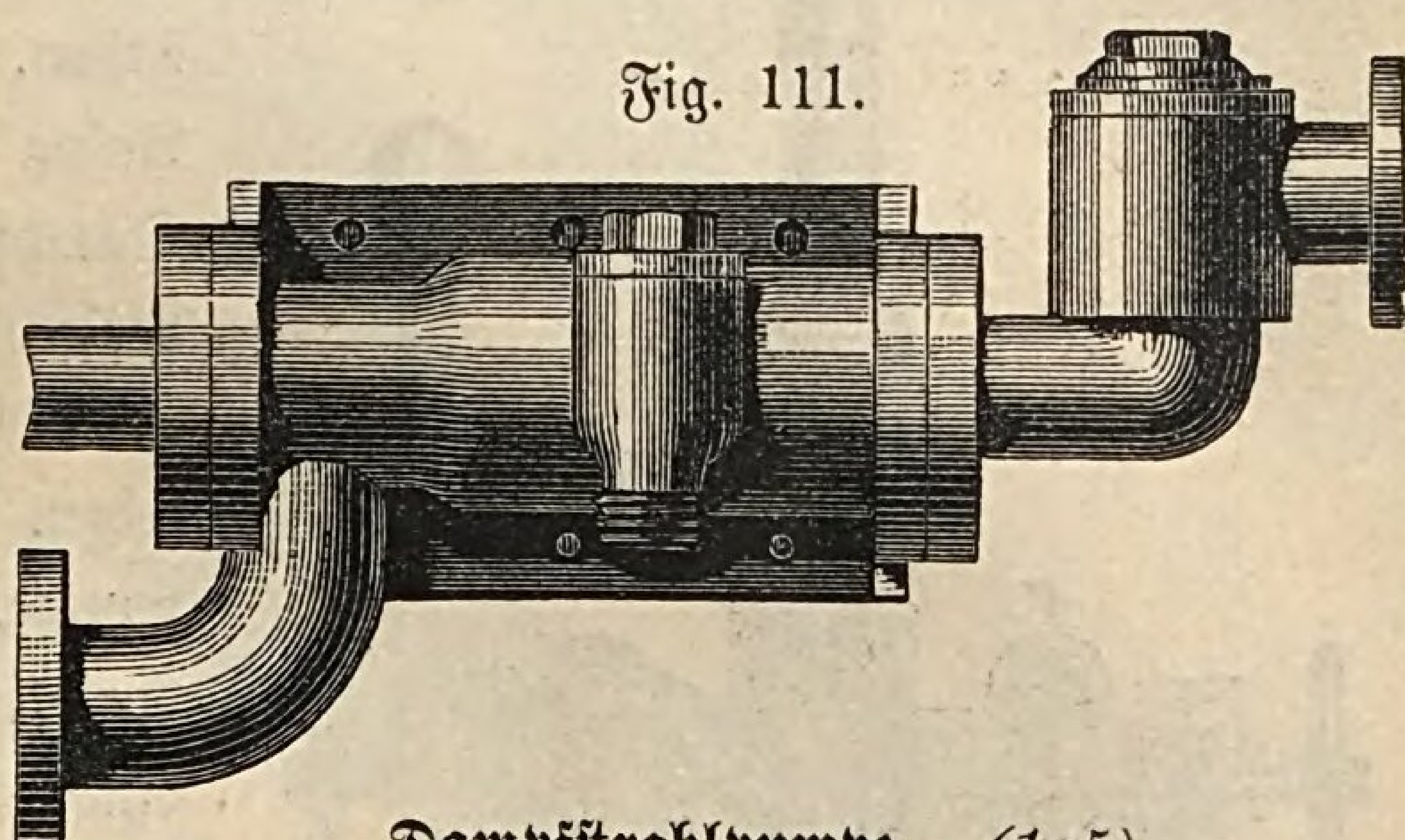


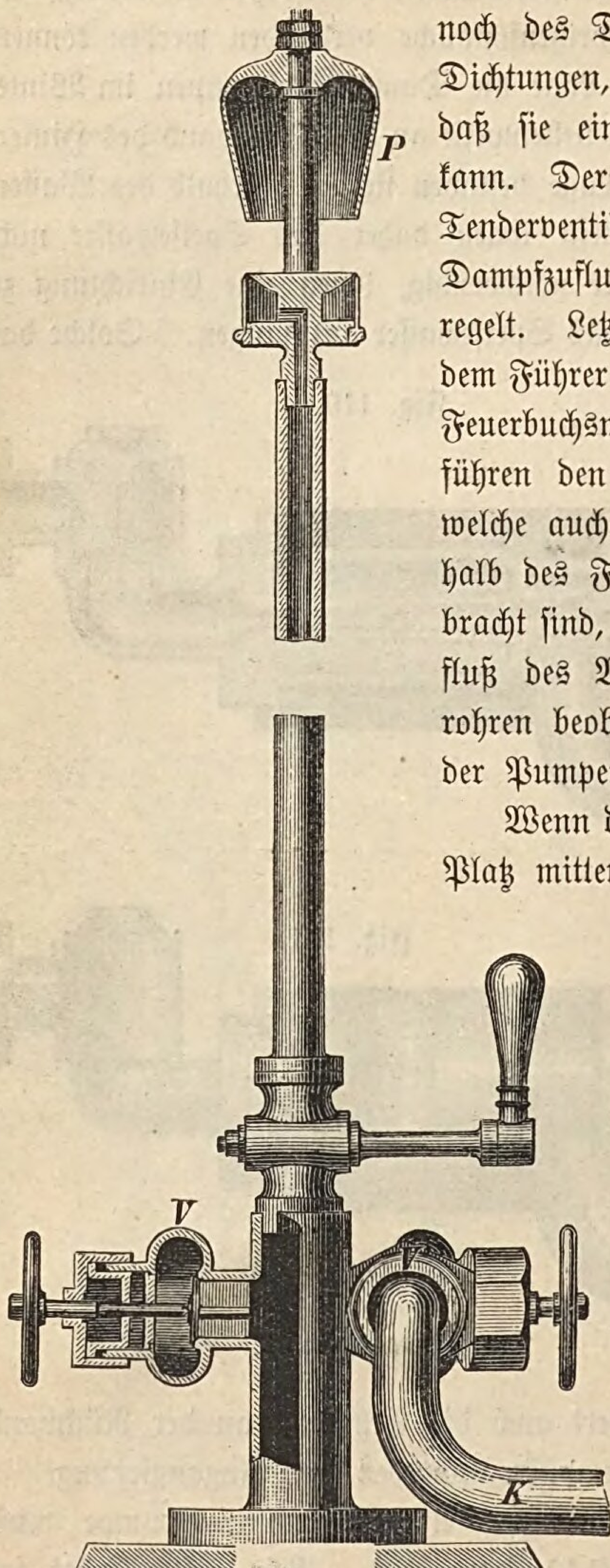
Fig. 111.



Dampfstrahlpumpe. *(1:5)*

Eine recht einfache Anordnung einer Dampfstrahlpumpe wird durch die Fig. 110 und 111 dargestellt. Bei dieser findet im

Fig. 112.



Dampfventile u. Dampfpfeife. *(1:6)*

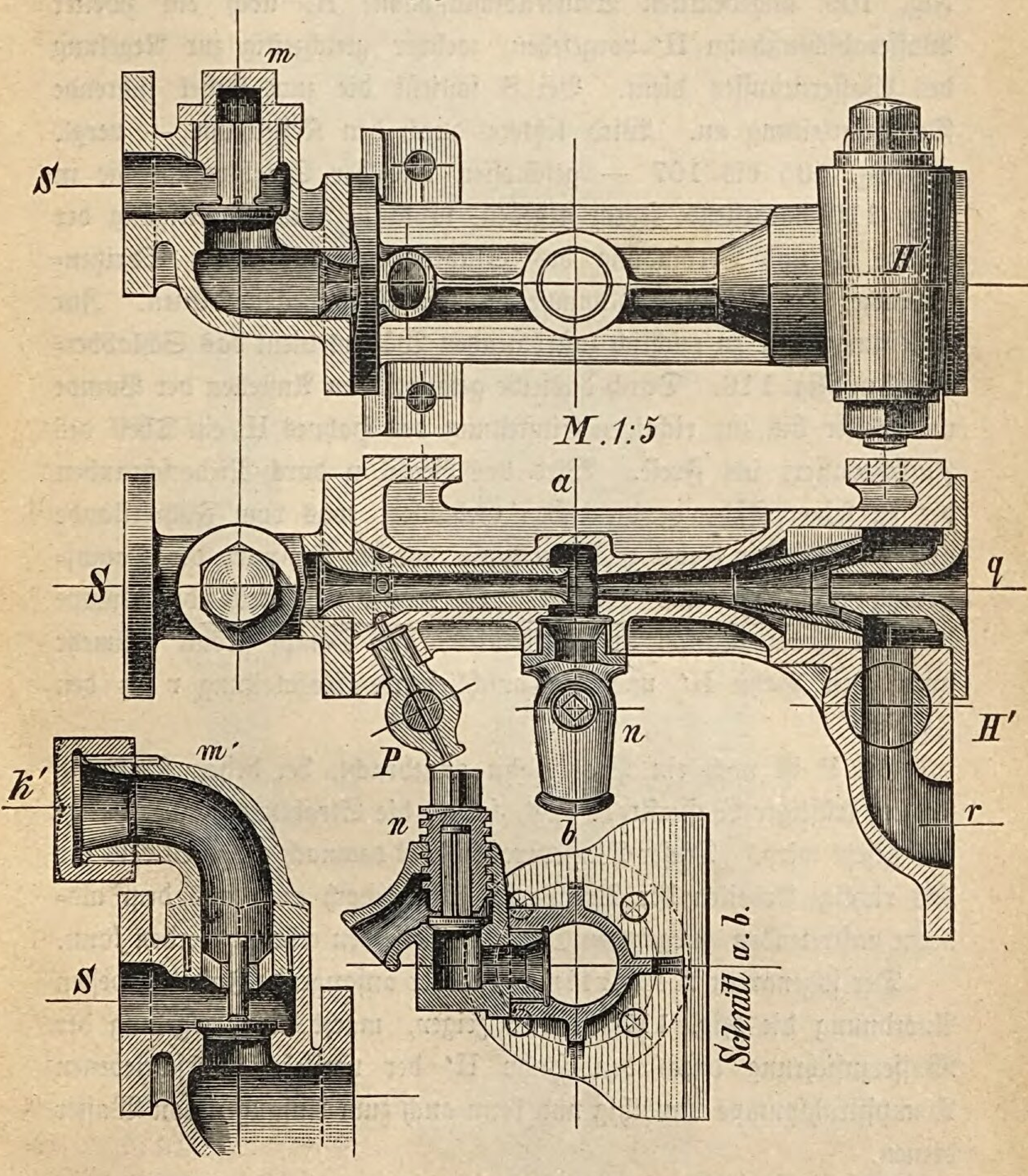
Inneren weder eine Regelung des Wassers, noch des Dampfes statt, sie hat keine Dichtungen, keine beweglichen Theile, so daß sie einfacher nicht gedacht werden kann. Der Wasserzufluß wird durch das Tenderventil, wenn es nöthig, und der Dampfzufluß durch die Dampfventile geregelt. Letztere V V, Fig. 112, sitzen dem Führer bequem zur Hand auf dem Feuerbuchsmantel. Kupferne Röhren K führen den Dampf zu den Pumpen, welche auch bei dieser Einrichtung unterhalb des Führerstandes seitwärts angebracht sind, so daß der Führer den Ausfluß des Wassers aus den Schlabberrohren beobachten und die Wirksamkeit der Pumpen beurtheilen kann.

Wenn die beiden Dampfventile ihren Platz mitten auf dem Feuerkistenmantel haben, so ist zuweilen ein Ansatz zur Aufnahme der Dampfpfeife P mit ihnen verbunden. Fig. 112.

Die Fig. 113 bis 116 zeigen eine Dampfstrahlpumpe, welche sich von der vorigen wesentlich durch die Anbringung einer doppelten Düse für den einströmenden Dampf unterscheidet. Die Anordnung bezweckt die Ermöglichung der Kesselspeisung durch vorgewärmtes

Wasser, welche durch eine vollkommenere Mischung des Dampfes mit dem Speisewasser erleichtert wird.

Fig 113 bis 116.



Dampfstrahlpumpe mit doppelter Düse.

Der Dampf strömt der Strahlpumpe durch eine sich bei q anschließende Dampfleitung, und das Speisewasser durch die zum Tender führende Rohrleitung bei r zu; in letzterer ist, außer dem in Fig. 109 angedeuteten Wasserabschlußhahne H, noch ein zweiter Wasserabschlußhahn H′ vorgesehen, welcher gleichzeitig zur Regelung des Wasserzuflusses dient. Bei S schließt die zum Kessel führende Druckrohrleitung an. Wird letztere durch den Kesselhahn — vergl. A, Fig. 105 bis 107 — geschlossen und der Strahlpumpe die in Fig. 115 dargestellte Form gegeben, so kann, nach Beseitigung der Kappe k′ und Verbindung des Stutzens m′ mit einem Spritzenschlauche, die Dampfstrahlpumpe zu Feuerlöschzwecken dienen. Zur Ableitung etwa zu reichlich zuströmenden Wassers dient das Schlabberventil n, Fig. 116. Durch dasselbe gelangt beim Anstellen der Pumpe und weiter bis zur richtigen Einstellung des Hahnes H′ ein Theil des Zuflußwassers ins Freie. Wird das Ventil n durch Niederschrauben des zu seiner Führung dienenden Gehäuses, was vom Führerstande aus während der Fahrt geschehen kann, vor der Oeffnung der Dampfleitung geschlossen und der Hahn H′ geöffnet, so tritt die Pumpe bei dem Anlassen nicht in Wirksamkeit, der Dampf strömt vielmehr durch den Hahn H′ und die anschließende Rohrleitung r in den Tender.

Bei P ist noch ein Probirhahn angebracht, bei dessen Oeffnung sich ein kräftiger Wasserstrahl zeigt, sobald die Strahlpumpe in Thätigkeit gesetzt wird. Dieser Wasserstrahl bildet demnach einen Beweis für das richtige Arbeiten der Pumpe, welches jedoch auch aus dem alsdann auftretenden gurgelnden Geräusche derselben erkannt werden kann.

Der sogenannte Restarting- (wieder ansaugend) Injector, dessen Anordnung die Fig. 117 u. 118 zeigen, macht eine Regelung der Wasserzuführung durch den Hahn H′ der vorstehend beschriebenen Dampfstrahlpumpe unnöthig und kann auch zum Ansaugen von Wasser dienen.

Die Zuleitungsventile beziehungsweise Hähne für Wasser und Dampf bleiben während der ganzen Fahrt vollständig geöffnet. Der

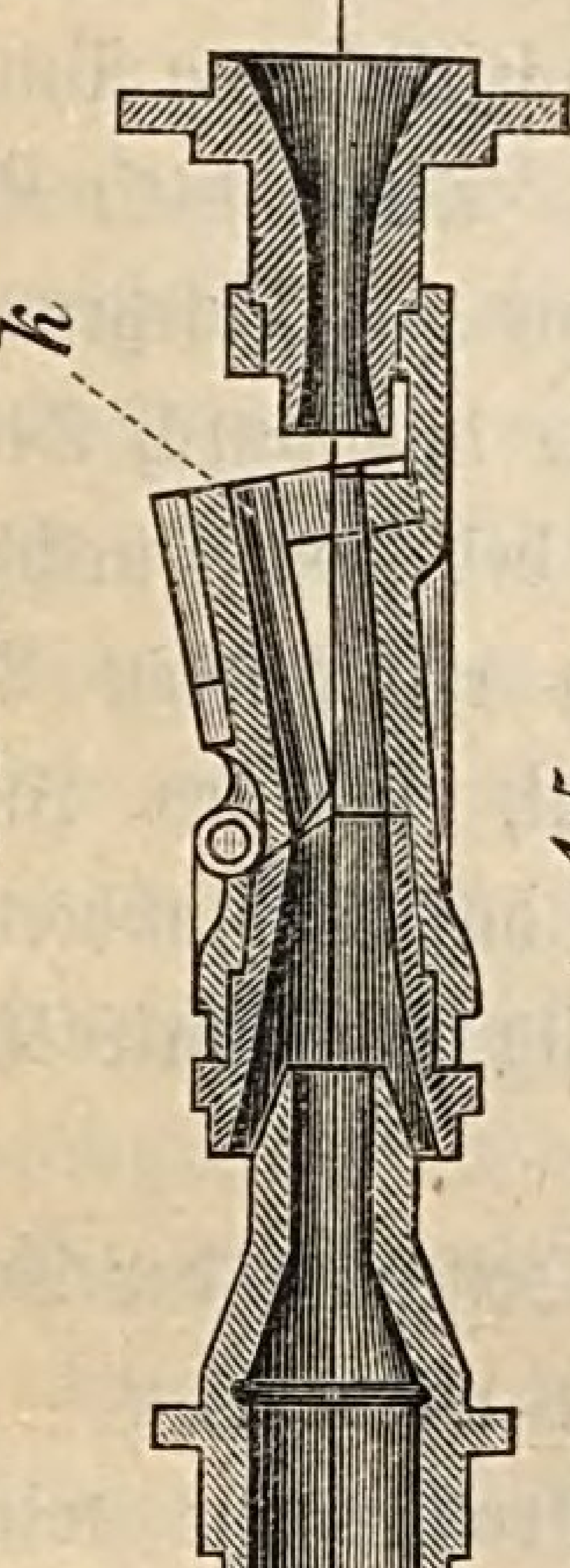
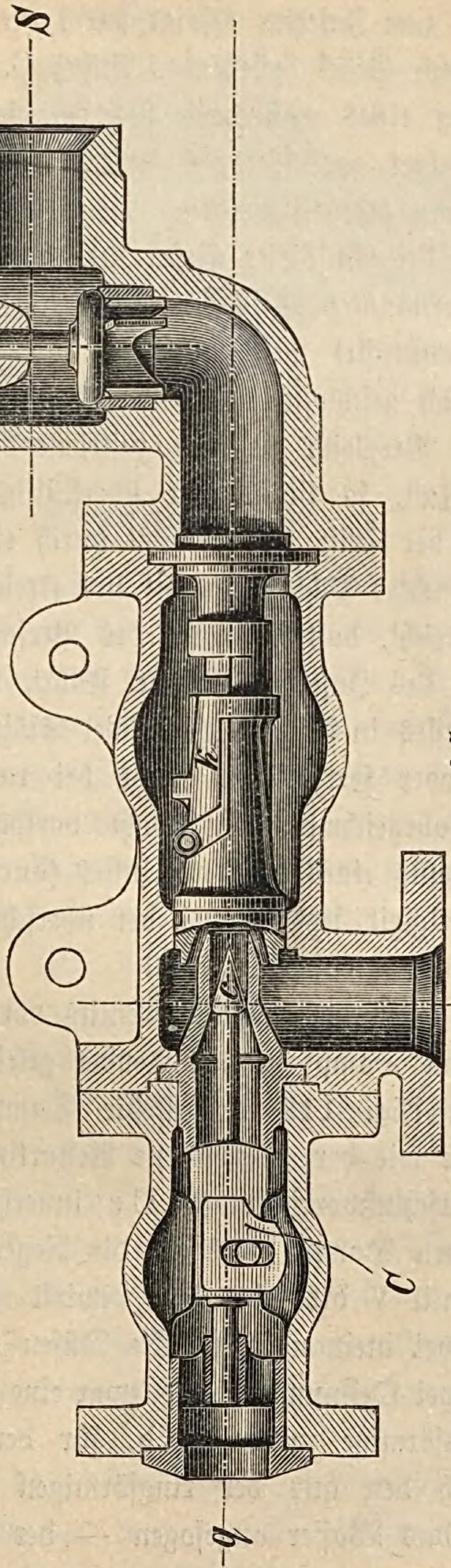


Fig. 117.

1:5.



1:5.

Fig. 118.

Restarting-Injector.

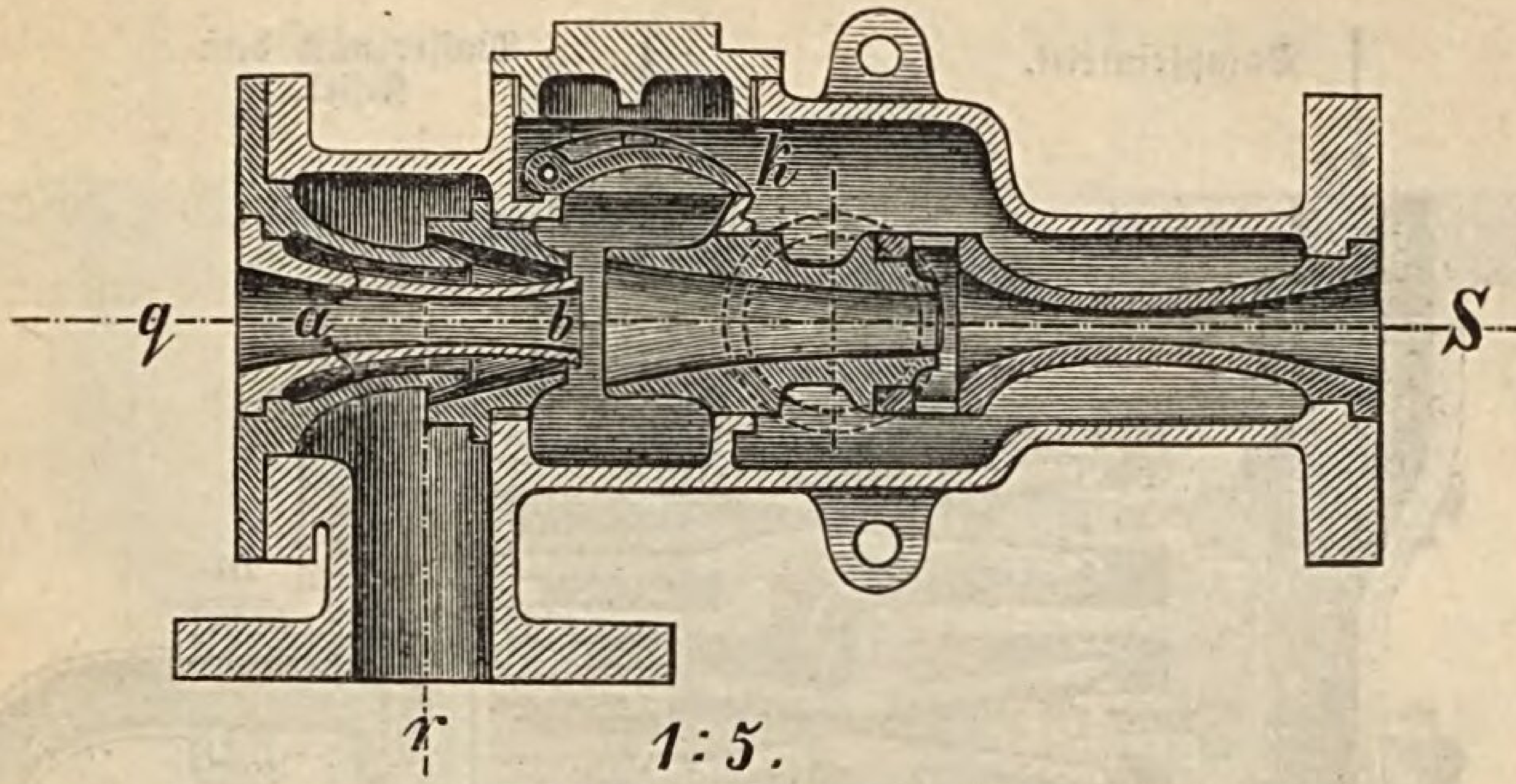
Dampfabschluß zum Injector erfolgt durch den Conus c und den mit diesem aus einem Stück bestehenden Ansatz C. Diese Theile können durch Verlegung eines außerhalb des Injectors befindlichen Hebels mehr oder weniger zurückgezogen und kann dadurch das Maß der Dampfzuströmung geregelt werden. Je höher die Kesselspannung ist, um so weniger braucht dieser Hebel verlegt zu werden.

An der sogenannten Mischdüse, in welcher der Dampf durch das Speisewasser condensirt wird, befindet sich seitlich eine Klappe k, welche gewöhnlich geschlossen ist und sich öffnet, sobald die Dampfzuströmung im Vergleich zu dem zuströmenden Wasser zu groß ist. Ist das der Fall, so strömt der überflüssige Dampf durch obige Oeffnung aus der Düse und gelangt durch ein seitlich am Pumpengehäuse angebrachtes Schlabberventil ins Freie. Durch diese Klappe wird ferner erreicht, daß im Falle des Versagens — Absetzens oder Abschlagens — des Injectors bei der Fahrt, wie das durch Störung des Wasserzuflusses in Folge auftretender Stöße bei dem Durchfahren von Weichen oder Herzstücken, sowie bei rasch erfolgenden Aenderungen der Fahrgeschwindigkeit wohl vorkommt, sich der Injector ohne Verursachung eines Wasserverlustes (durch das Schlabberventil) wieder in Thätigkeit setzt, wobei der überschüssig zugeführte Dampf durch die Klappe k entweicht.

Durch Schließen des Schlabberventils vor Oeffnung der Dampfzuströmung kann Dampf in den Tender geleitet werden.

Die durch Fig. 119 dargestellte Dampfstrahlpumpe wirkt in ähnlicher Weise wie der beschriebene Restarting-Injector, ihm fehlen jedoch die Verschlußvorrichtungen C c innerhalb des Injectors für den zuströmenden Dampf, weshalb die Regelung des letzteren durch das Dampfventil V der Fig. 112 bewirkt werden muß. Der Injector besitzt zwei ineinander gesteckte Düsen von verschiedener Länge, wodurch sich zwei Oeffnungen, und zwar eine ringförmige obere bei a und eine kreisförmige untere bei b, für den zuströmenden Dampf bilden. Durch den aus der ringförmigen Oeffnung zuströmenden Dampf wird das Wasser angesogen — der Injector kann demnach

Fig. 119.



Restarting-Injector.

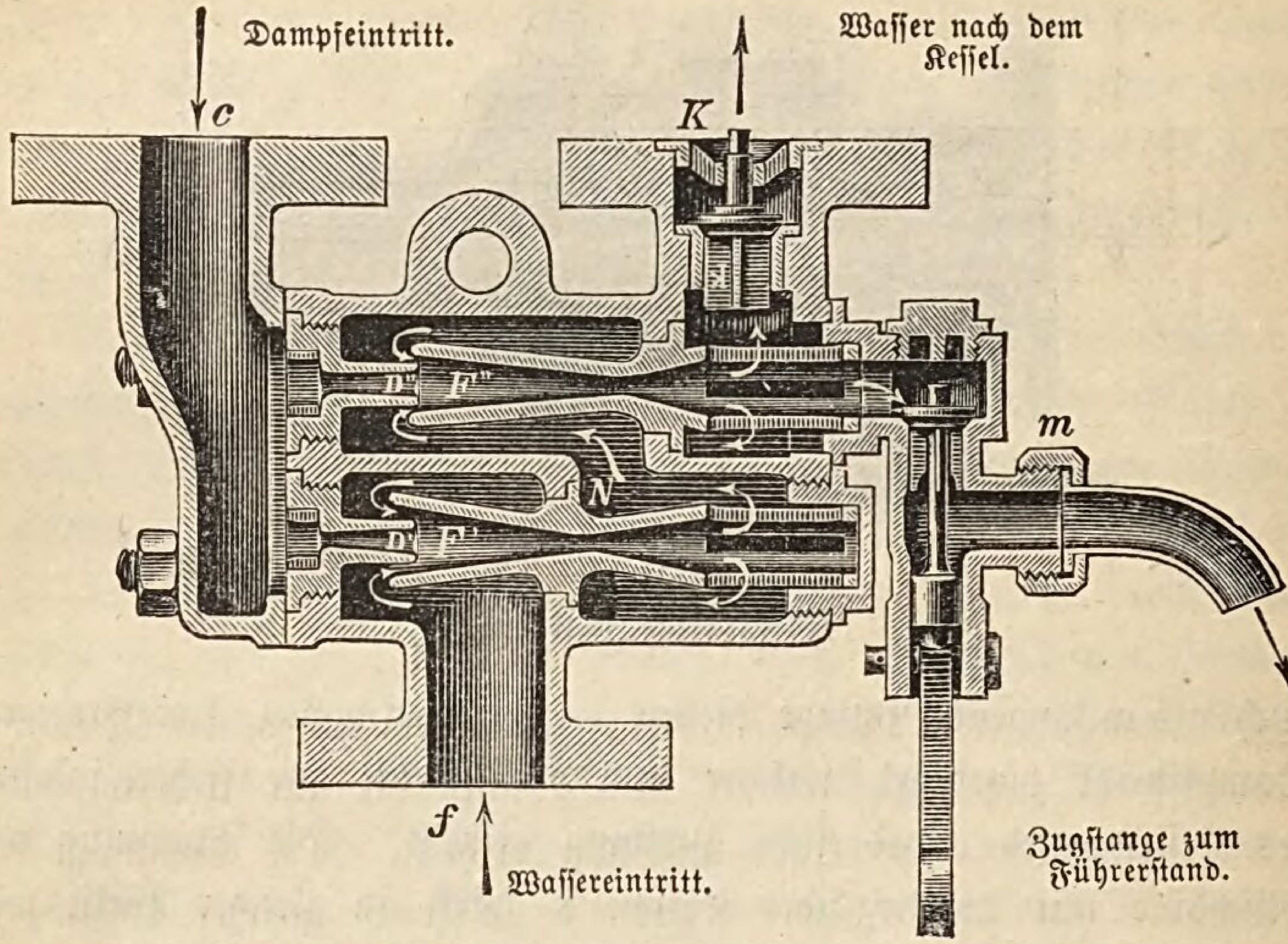
auch als ansaugende Pumpe dienen — und dem vollen, kreisförmigen Dampfstrahl zugeführt, welcher dem Wasser die zur Ueberwindung des Kesseldruckes erforderliche Pressung ertheilt. Die Trennung der Mischdüse mit überliegender Klappe k wirkt in gleicher Weise wie die Klappe K des vorigen Injectors. Mit dem äußeren Injectorgehäuse ist das Schlabberventil verbunden, nach dessen Feststellung Kesseldampf durch den Injector in den Tender geleitet werden kann.

Körting's Universaldampfstrahlpumpe. Diese hat vielfache Anwendung gefunden. Fig. 120 und 121.

Dieselbe besteht aus zwei Düsenanlagen in einem Körper. Die erste besteht aus der Dampfdüse D′ und der Wasserdüse F′ und empfängt das Wasser vom Tender durch das Rohr f, fördert es mit geringem Drucke in die zweite Düsenlage, welche aus der Dampfdüse D″ und der Wasserdüse F″ besteht. Diese zweite Düsenanlage, die eigentliche Dampfstrahlpumpe, giebt dem Wasser den nöthigen Druck, um in den Kessel zu gelangen, c ist der Dampfeingang, k das Rückschlagventil, welches derartig angeordnet ist, daß das Wasser nur einen Druck in senkrechter Richtung auf dasselbe ausüben kann.

Je nachdem nun diese Strahlpumpe für zufließendes oder anzusaugendes Wasser benutzt werden soll, ist dieselbe mit einem

Fig. 120.



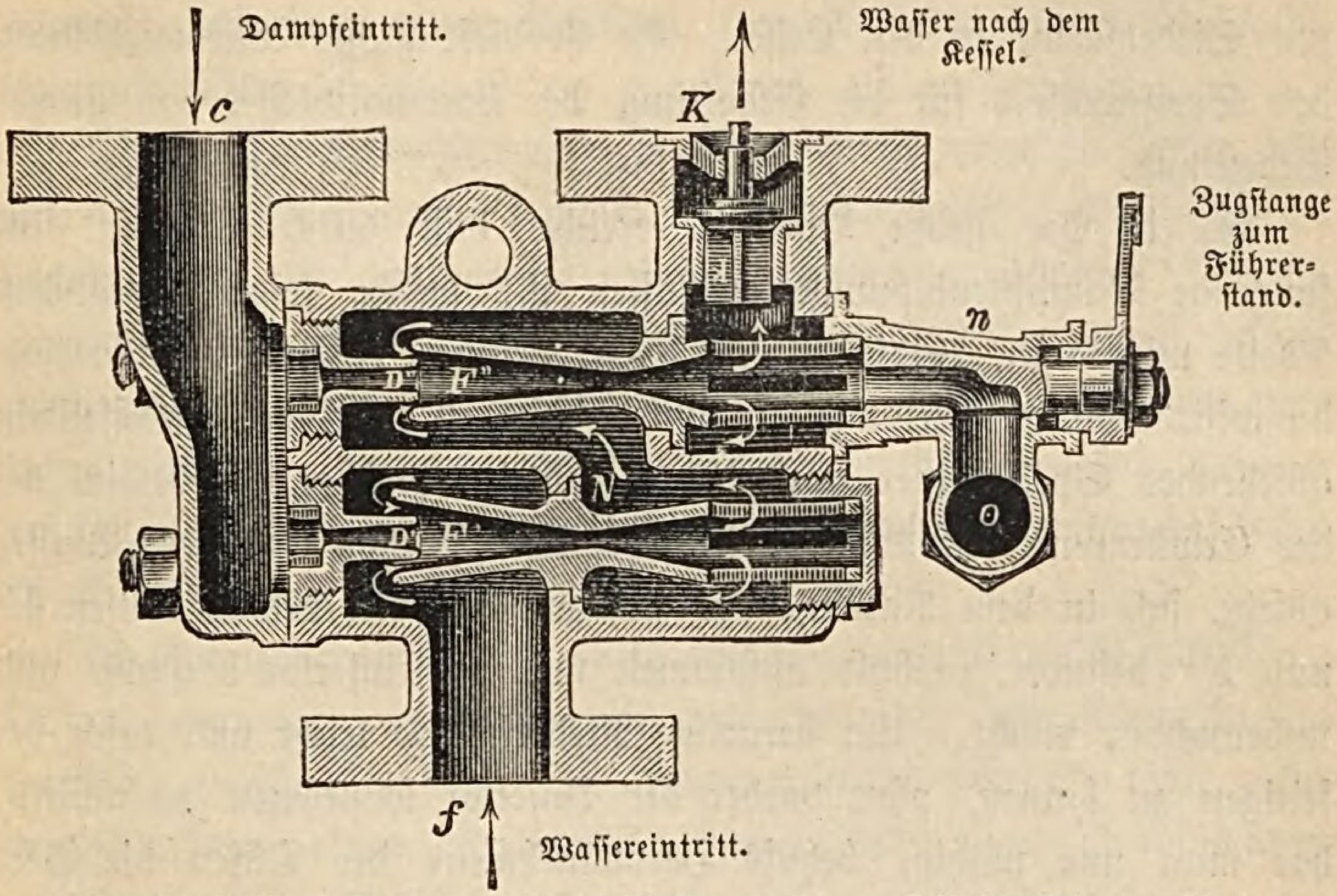
c Dampfeintritt. f Wassereintritt. K Wasseraustritt. m Schlabberventil.

Körting's Universaldampfstrahlpumpe. *(1:5)*

Anlaßventil m (Fig. 120) oder mit einem Anlaßhahn n (Fig. 121) nebst Dampfstrahlsauger (Ejector) o, Fig. 122, versehen. Beide Arten dieser Strahlpumpen werden bei stets offenem Tenderhahne angelassen, indem man zunächst das Ventil m, beziehungsweise den Hahn n öffnet, alsdann wird bei der saugenden Strahlpumpe das Dampfventil zu dem Dampfstrahlsauger o geöffnet und, nachdem dieser angelassen hat, das Dampfventil zu der Dampfstrahlpumpe langsam geöffnet. Bei der nichtsaugenden Strahlpumpe wird sofort nach dem Oeffnen des Anlaßventiles das Dampfventil zur Strahlpumpe geöffnet und darauf das Anlaßventil m, beziehungsweise der Anlaßhahn n mit dem Dampfventil zu dem Dampfstrahlsauger o geschlossen.

Mit wachsender Dampfspannung treibt die erste Düsenanlage der zweiten mit wachsendem Druck eine wachsende Wassermenge zu,

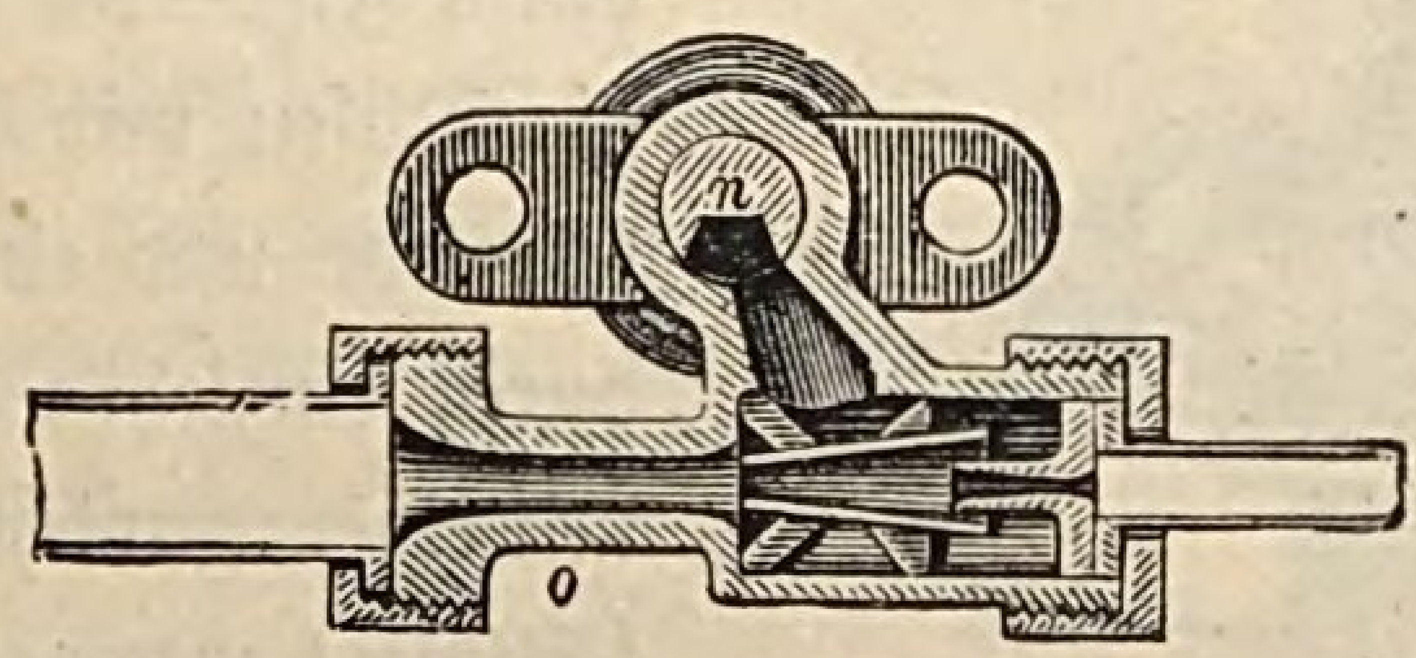
Fig. 121.



c Dampfeintritt. f Wassereintritt. K Wasseraustritt. n Schlabberhahn. o Ejector.

Körting's Universaldampfstrahlpumpe. *(1:5)*

Fig. 122.



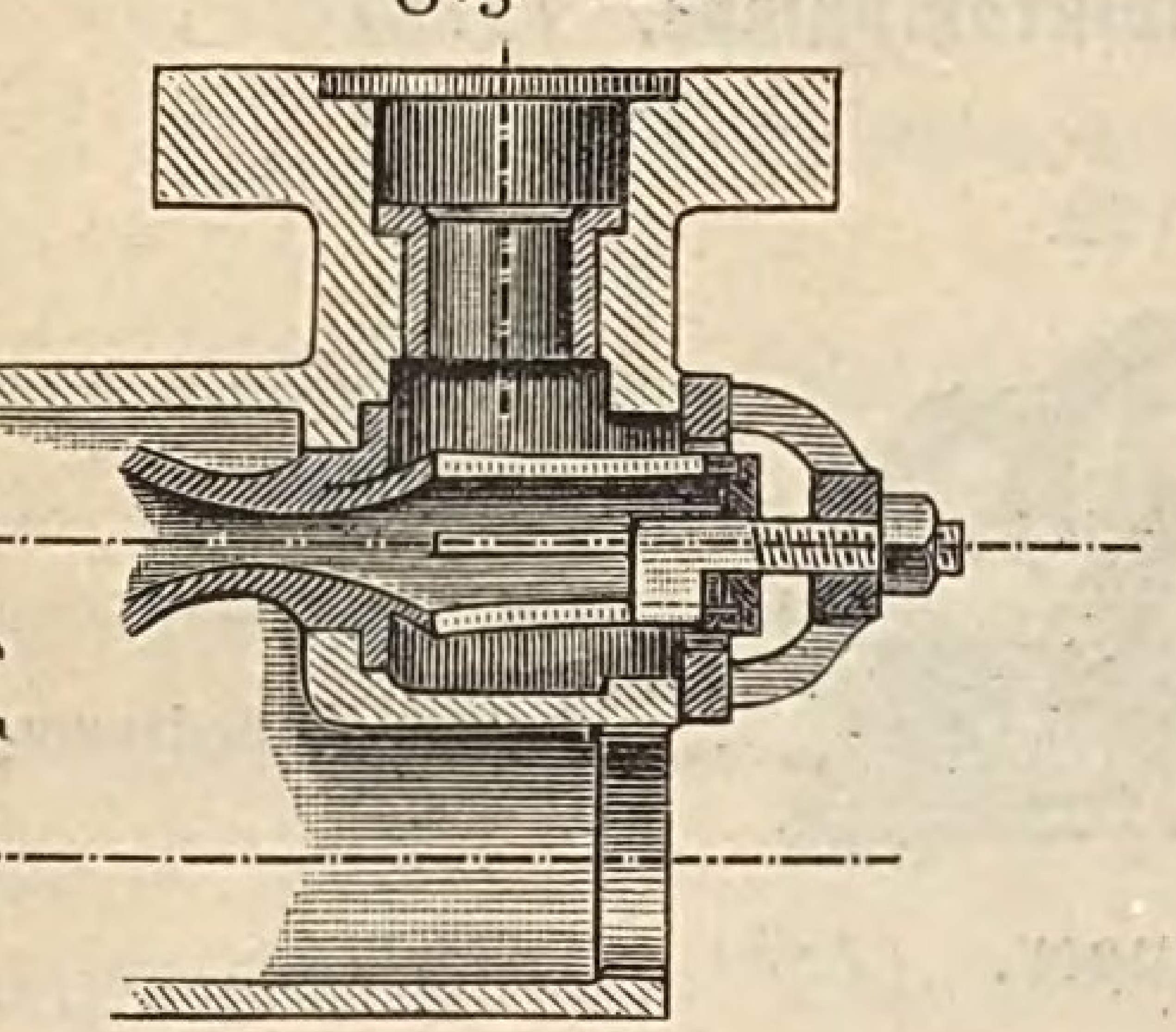
Dampfstrahlsauger. *(1:5)*

so daß die Strahlpumpe sich selbst regelt, was für die Bedienung bequem und für das sichere und zuverlässige Arbeiten von großem Werthe ist. Da die erste Düsenanlage dem eigentlichen Dampfstrahlsauger das Wasser mit Druck zuführt, so ist ein Versagen dieser Strahlpumpe weniger als bei anderen zu befürchten und ist sie außerdem befähigt, selbst bei 70 Grad Celsius warmem Tenderwasser noch zu speisen. Da nun das Speisewasser, indem es die Dampfstrahlpumpe durchströmt, um etwa 60 Grad angewärmt wird, so gelangt

das Wasser selbst bei einer Wärme von nur 40 Grad Celsius schon mit Siedewärme in den Kessel. Es ist diese große Wärmeerhöhung des Speisewassers für die Erhaltung der Locomotivkessel von großer Bedeutung.

Es ist der große Vortheil erreicht, daß durch Körting eine saugende Dampfstrahlpumpe geschaffen ist, welche keine beweglichen Theile wie Kegel, Spindel und Hebel besitzt. Körting's Universaldampfstrahlpumpe verlangt ein gutes, das ist ein wenig Kesselstein absetzendes Speisewasser, weil der Kesselstein, welcher sich bereits bei der Erwärmung des Wassers in erheblicher Menge aus dem Wasser absetzt, sich in dem Raume, der sich zwischen den beiden Düsen F′ und F″ befindet, alsbald ansammelt und den Injector verstopft und unbrauchbar macht. Um derartige Niederschläge leicht und rasch beseitigen zu können, ohne vorher den Injector losnehmen zu müssen, hat man nur nöthig, behufs Herausnehmens der Düsen die Verschraubung und das Anlaßventil, beziehungsweise den Anlaßhahn zu lösen. Es können alsdann in der durch Fig. 123 dargestellten Weise die Düsen mit Hülfe einer Hakenschraube und eines kleinen Bügels durch Anziehen der Hakenschraube mit einem gewöhnlichen Schraubenschlüssel vorgezogen werden. Wenn nöthig, werden auch die Dampfdüsen D′ und D″ nach vorheriger Entfernung des Ansatzstutzens für die Dampfeinströmung herausgeschraubt.

Fig. 123.



1:5

Im Betriebe muß der Führer es sich zur Regel machen, **stets die beiden Dampfstrahlpumpen abwechselnd zu gebrauchen,** damit er über den Zustand beider unterrichtet bleibt. Es ist immer sehr auffallend, wenn beide Pumpen gleichzeitig den Dienst versagen, und betrübend, wenn dadurch Betriebsstörungen entstehen. Wenn

es vorkommt, so ist höchst wahrscheinlich die eine Pumpe lange nicht gebraucht und hatte einen Schaden, von welchem der Führer keine Kenntniß hatte.

Als die Dampfstrahlpumpen in ihrer wenig einfachen Form, mit verstellbaren Düsen und Röhren, mit Grundbüchsen, Stopfbüchsen, Verpackungen und sonstigen Dichtungen aufkamen, konnten sich die Locomotivführer mit denselben nicht so recht befreunden; man behielt neben einer oder zwei Dampfstrahlpumpen die anderen Pumpen vorläufig noch bei. Nachdem dieselben jedoch einfacher geworden, wurden die Laufpumpen allmälig abgeschafft, und erachtete man auch endlich die Dampfpumpe für entbehrlich.

Im Anfange des Jahres 1867 wurden zwei Dampfstrahlpumpen an der Locomotive als vollkommen genügend und stets sicher für die Speisung erachtet, und ist seit einigen Jahren gesetzlich nicht mehr vorgeschrieben, einem Dampfkessel außer zwei Dampfstrahlpumpen noch eine andere Speisevorrichtung zu geben.

3. Die Beobachtung der Dampfspannung.

Der in diesem Theile bei „III. Naturlehre. 2." besprochene Quecksilberdampfdruckmesser ist selbstverständlich wegen seiner Länge und Gebrechlichkeit auf Locomotiven zum Messen der Dampfspannung nicht tauglich. Hier kommen die Metalldampfdruckmesser zur Anwendung, bei denen der Dampf auf eine Metallfeder wirkt, welche die Form einer Platte, einer Röhre o. dgl. hat.

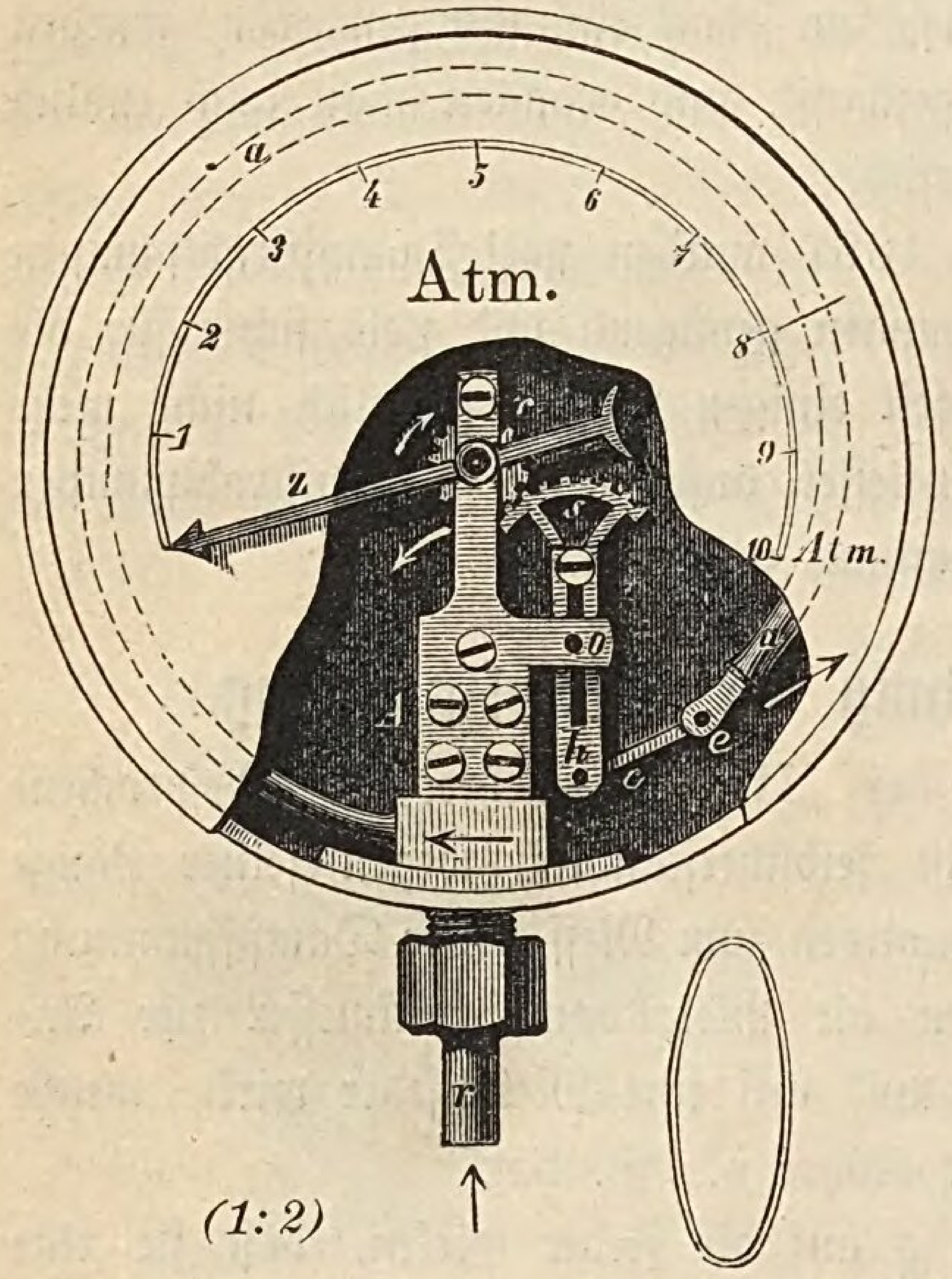
Man läßt den Dampf so auf die Feder wirken, daß sie eine Formveränderung erleidet, womit stets eine Bewegung verbunden ist. Letztere, im Allgemeinen klein, jedoch um so größer, je höher der Dampf gespannt ist, wird durch Hebelübersetzung, Räder u. s. w. vergrößert und auf einen Zeiger übertragen, welcher das Maß der Bewegung auf einer Gradeintheilung (Zifferblatt) angiebt.

Die Zifferblätter solcher Federmanometer werden nach dem einzig untrüglichen offenen Quecksilbermanometer, welches gleichzeitig mit demselben Dampfraume oder derselben Druckpumpe verbunden ist,

angefertigt, geprüft und berichtigt. Es würde zu weit führen, auch nur den größeren Theil der gebräuchlichen und erfundenen Metalldampfdruckmesser hier zu besprechen, es muß sein Bewenden dabei haben, zwei der am häufigsten vorkommenden zu beschreiben.

Röhrenfedermanometer, Fig. 124. In dem Manometergehäuse A liegt die ringförmig gebogene Röhre a a a aus Messing oder, bei feineren Druckmessern, aus Silber. Sie hat einen länglichrunden Querschnitt, welchen Fig. 125 in zweifacher Größe zeigt, ist an dem einen Ende offen, an dem andern geschlossen. An dem offenen Ende am Gehäuse befestigt, schwebt sie sonst auf der ganzen Länge frei. An die Röhre schließt sich dampfdicht das zum Dampfraum führende Kupferrohr r. Sobald die Röhrenfeder durch den eintretenden Dampf im Innern einen Druck erleidet, ändert sich ihre Form dahin, daß der länglichrunde Querschnitt weniger länglich, also mehr rund wird, wodurch gleichzeitig eine Streckung der Röhre eintritt.

Fig. 124.



(1:2)

Fig. 125. (2:1)

Röhrenfederdampfdruckmesser.

Das geschlossene Ende e der Röhre macht in der Richtung des Pfeiles eine Bewegung, welche um so größer ist, je mehr die länglichrunde Form in die runde übergeht, welche also mit der Dampfspannung wächst.

Das freie Ende der Röhre ist mittelst des Gelenkbandes c mit dem zweiarmigen Hebel h verbunden, der bei o seinen Drehpunkt hat, und dessen oberer Arm das Stück s eines Zahnrades trägt, welches in das kleine Rädchen r greift, auf dessen Achse der Zeiger z sitzt.

Die Bewegung des Rohres wird durch diese Uebertragung in eine kreisförmige, auf einem Zifferblatt sichtbare Bewegung übertragen.

Die Röhrenfeder dieses Dampfdruckmessers ist ziemlich eng und füllt sich mit der Zeit mit Schlamm an, wodurch die Beweglichkeit nicht dieselbe bleibt, so daß ein solcher Druckmesser nach längerem Gebrauche Neigung bekommt, eine geringere Dampfspannung anzuzeigen, als in Wirklichkeit vorhanden ist: der Locomotivführer sagt, der Dampfdruckmesser ist zu schwer, wogegen er denselben als zu leicht bezeichnet, wenn er eine größere Dampfspannung anzeigt, als im Kessel vorhanden ist.

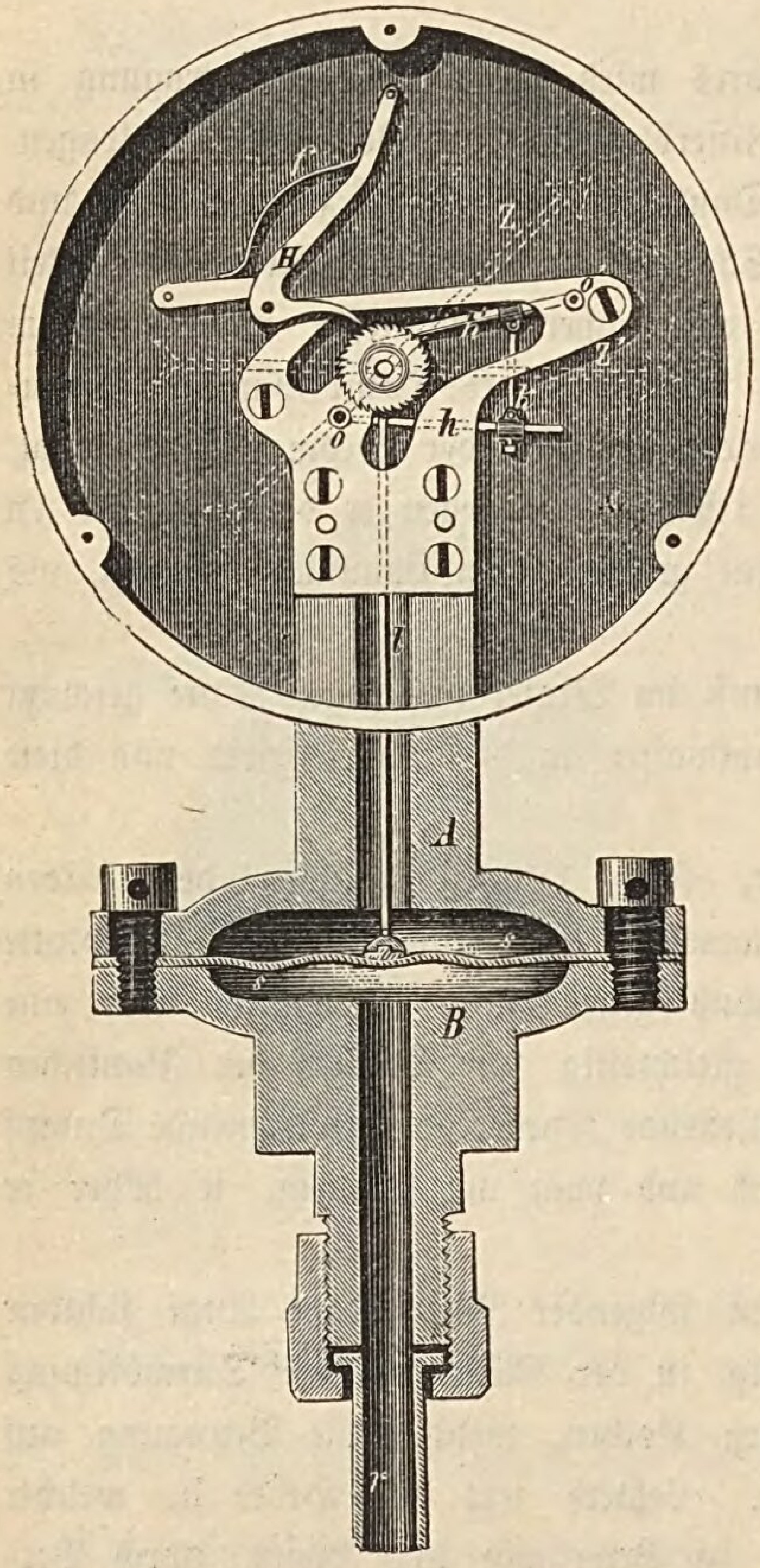
Der Dampfdruckmesser muß im Winter gut gegen Kälte geschützt werden, da sonst das Dampfwasser in der Röhre friert und diese gesprengt wird.

Plattenfedermanometer, Fig. 126. Zwischen den beiden Stücken A und B des Manometers liegt eine gewellte Stahlplatte s s, unter welcher, zum Schutz gegen Rost, gewöhnlich noch eine Kautschukplatte liegt, welche gleichzeitig zum Dichten der Flantschen dient. Der durch das anschließende Kupferrohr einströmende Dampf biegt die gewellte Platte durch und zwar um so mehr, je höher er gespannt ist.

Diese Bewegung wird in folgender Weise dem Auge sichtbar gemacht: die Plattenfeder trägt in der Mitte, wo die Durchbiegung am größten ist, einen kleinen Kolben, welcher die Bewegung auf die Schubstange l überträgt. Letztere setzt den Hebel h, welcher seinen Drehpunkt bei o hat, in Bewegung und dieser, durch Vermittelung der Stange k, den Hebel h′, welcher um o′ drehbar ist. Da beide Hebel ungleicharmig sind, so wird durch beide die Bewegung vergrößert. Die Welle, welche auf einem Vierkante den

Zeiger Z trägt, hat eine in der Zeichnung nicht sichtbare kleine Scheibe, um die eine dünne Kette geschlungen ist, deren Ende mit dem Hebelende verbunden ist.

Fig. 126.



Plattenfedermanometer. *(1:2)*

Geht das Hebelende in die Höhe, so wickelt sich die Kette ab und versetzt so den Zeiger in eine drehende Bewegung von links nach rechts.

Maximum= und Controlmanometer. Nachdem Locomotivführer sich haben verleiten lassen, mit einer das zulässige Maß überschreitenden Dampfspannung zu fahren, wodurch der Kessel in die Gefahr des Berstens gebracht wird, ist es nöthig geworden, einen zweiten Dampfdruckmesser anzubringen, welcher anzeigt, welcher höchsten Dampfspannung der Kessel ausgesetzt gewesen ist. Man nennt einen solchen Dampfdruckmesser Maximum=manometer. Es ist so eingerichtet, daß der Zeiger auf dem höchsten Stande, den er eingenommen hat, stehen bleibt, wenn auch die Dampfspannung und damit die Durchbiegung der Stahlplatte oder die Streckung der Röhren=

feder wieder nachläßt. Auch an dem Manometer selbst kann eine controlirende Vorrichtung angebracht werden, in welchem Falle man es Controlmanometer nennt, Fig. 126. Auf derselben Welle mit dem Zeiger Z sitzt ein mit einem kleinen Sperrrade versehener zweiter Zeiger Z′, welcher lose auf der Welle sitzt, so daß er, wenn die Welle herumläuft, stehen bleibt. Er wird von vornherein so gestellt, daß er die zulässige größte Spannung anzeigt. Der Zeiger Z hat an irgend einer Stelle einen vorstehenden Stift, welcher den Zeiger Z′ weiterschiebt, wenn Z über die Stellung von Z′ hinausrückt, d. h., da der Controlzeiger die höchste zulässige Spannung anzeigt, wenn der zulässige Dampfdruck überschritten wird. Wenn die Dampfspannung wieder nachläßt, so geht der Zeiger Z mit dem ganzen inneren Getriebe wieder zurück, dagegen kann der Zeiger Z′ nicht folgen, er wird durch das Sperrrad und den durch die Feder f angedrückten Sperrhaken H daran gehindert und wird somit zum Verräther.

Um willkürliche Aenderungen an dem Dampfdruckmesser, sowie die eigenmächtige Zurückstellung des Controlzeigers unmöglich zu machen, ohne daß solches zur Kenntniß des Aufsichtsbeamten kommt, ist das Gehäuse geschlossen; bei dem in Fig. 126 gezeichneten Druckmesser in der Weise, daß die durchlöcherten Köpfe der Schrauben mit einer Kordel durchzogen und deren Enden mit einem Bleisiegel versehen sind; für die Zurückstellung des Controlzeigers befindet sich in den Händen des Aufsichtsbeamten ein eigens zu diesem Zwecke eingerichteter Schlüssel. Wenngleich es bei eintretendem Schaden, sowie wenn der Dampfdruckmesser ausgewechselt werden muß und die Locomotive im Dampfe ist, zweckmäßig wird, den Dampf vom Druckmesser absperren zu können, so dürfte doch eine ältere Bestimmung ganz am Platze sein, nach der sich zwischen Kessel und Manometer ein Absperrhahn nicht befinden darf. Der Führer braucht einen solchen Hahn einfach nur zu schließen, wenn der Dampf die zulässige Spannung zu überschreiten droht, und das beste Controlmanometer ist außer Wirksamkeit gesetzt.

Auch dadurch, daß der Hahn nur zum Theil geschlossen wird, ist es möglich, den Dampf nicht mit der ganzen Kesselspannung auf den Dampfdruckmesser wirken zu lassen.

Es sollte aus vorstehenden Gründen der Hahn zum Controlmanometer, sofern ein solcher vorhanden ist, durch eine Schnur mit Bleiverschluß gegen Verstellung gesichert sein.

Besteht der Controlzeiger aus Eisen, so kann er mit Hülfe eines kräftigen, vor dem Glase bewegten Magneten verstellt werden, es empfiehlt sich daher, den Controlzeiger aus Messing herzustellen.

Wenn der Führer ohne Druckmesser fahren muß, so zeigen ihm die Sicherheitsventile, wenn sie richtig belastet sind, durch das Abblasen an, daß die zulässige Spannung erreicht ist, wobei aber zu bemerken, daß auch bei abblasenden Ventilen der Dampfdruck noch steigen kann.

So lange die Ventile nicht abblasen, überzeugt sich der Führer von der ungefähren Dampfspannung durch den Ton der Dampfpfeife, sowie durch die Schläge des dem Ausgangsregulator entströmenden Dampfes; auch läßt ihn das ganze Arbeiten der Maschine über den vorhandenen Dampfdruck nicht völlig im Unklaren, da ihm die Zugstärke und die Gefällverhältnisse bekannt sind.

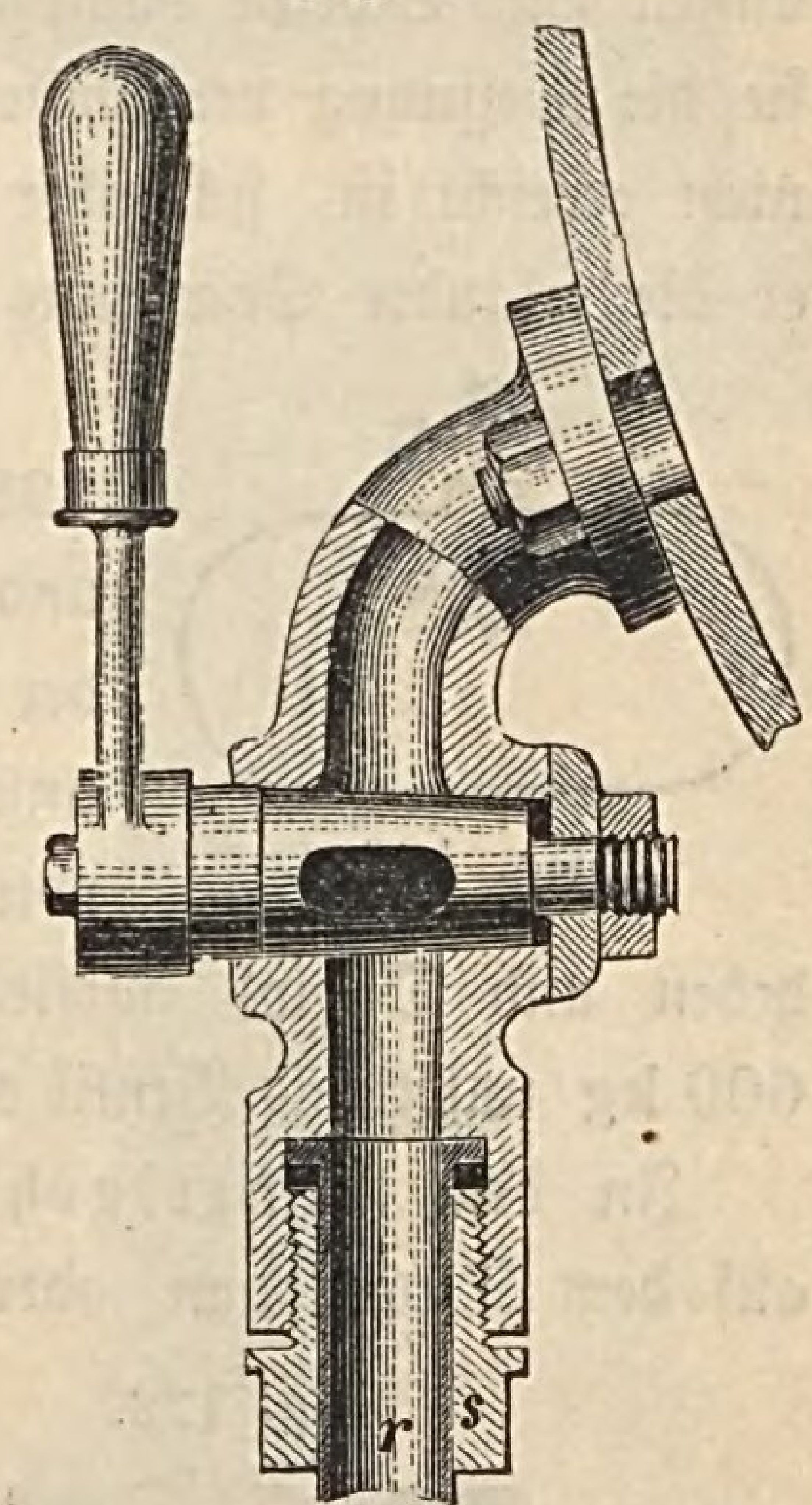
4. Sicherheit gegen Dampfüberdruck.

Ein jeder Dampfkessel ist für einen zulässigen größten Dampfdruck gebaut, der, in Kilogrammen auf 1 Quadrat-Centimeter oder in Atmosphären ausgedrückt, an der Stirnseite des Kessels und auf dem Zifferblatt des Dampfdruckmessers gut sichtbar angegeben sein muß. Wenn der Dampf den zulässigen Druck erreicht hat, so ist es bei den Locomotiven in den seltensten Fällen möglich, durch Verschwächung des Feuers der weiteren Entwickelung von überschüssigem Dampf Einhalt zu thun; es müssen deshalb, um gegen die Gefahr des Berstens gesichert zu sein, die Locomotivkessel Einrichtungen haben, welche ihnen den überschüssigen Dampf entziehen.

Zunächst ist, um Kohlen zu ersparen, darauf Bedacht zu nehmen, den überschüssigen Dampf nutzbar zu verwenden, und erst dann, wenn weiter kein Gebrauch von ihm zu machen ist, muß er der Sicherheit wegen unbenutzt entweichen können.

Nutzbar verwandt wird der überschüssige Dampf, wenn der Führer ihn zum Speisen des Kessels mit Wasser gebraucht; ist daher der höchste Wasserstand noch nicht vorhanden, so setzt der Führer die Speisepumpen in Thätigkeit: die Dampfspannung wird alsdann geringer, weil dem Kessel Dampf entzogen und durch das zugeführte kältere Wasser die Wärme im Kessel gemäßigt wird.

Fig. 127.



Wärmehahn. *(1:4)*

In anderer Weise wird der überschüssige Dampf nutzbar gemacht, wenn ihn der Führer in das Wasser des Tenders leitet, welches dadurch vorgewärmt wird. Zur Ableitung des Dampfes nach dem Tender hat der Kessel über dem höchsten Wasserstande einen oder zwei Hähne, Wärmehähne, an die sich Kupferröhren q q schließen, Fig. 4 und 5, Taf. 1, welche den Dampf in die Saugröhren der Speisevorrichtungen und durch diese in den Tender führen. Fig. 127 zeigt einen solchen Hahn mit dem anschließenden Kupferrohre r in einem größeren Maßstabe. Die Dichtung zwischen Rohr und Hahn ist in der Weise hergestellt, daß das Rohr hinter dem Flantsche mit einem Hanfzopf umwickelt und durch die Schraube s fest angepreßt ist.

Man leitet mit Absicht den Dampf in die Saugröhren, weil sie bei strenger Kälte, wenn das Wasser in denselben zu gefrieren droht, durch zeitweise durchgeführten Dampf offen gehalten werden können.

Wenn der höchste Wasserstand vorhanden und auch das Tenderwasser genug vorgewärmt ist, so bleibt nur übrig, den überschüssigen Dampf ins Freie entweichen zu lassen.

Nach den gesetzlichen Bestimmungen muß jeder Locomotivkessel mindestens zwei Vorrichtungen haben, welche, unabhängig von dem Kesselwärter oder Locomotivführer, also selbstthätig, in demselben Augenblicke mit dem Abblasen des Dampfes beginnen, in welchem dieser die zulässige Spannung erreicht hat. Solche Vorrichtungen sind die Sicherheitsventile.

Wie ein Sicherheitsventil auch eingerichtet sein mag, man kann es sich als eine runde Oeffnung im Kessel vorstellen, auf die von außen eine Scheibe dampfdicht aufgeschliffen und so belastet ist, daß sie die Oeffnung verschlossen hält, so lange der zulässige Dampfdruck nicht erreicht ist, sich aber hebt und Dampf ausströmen läßt, wenn er die erlaubte Spannung überschreitet.

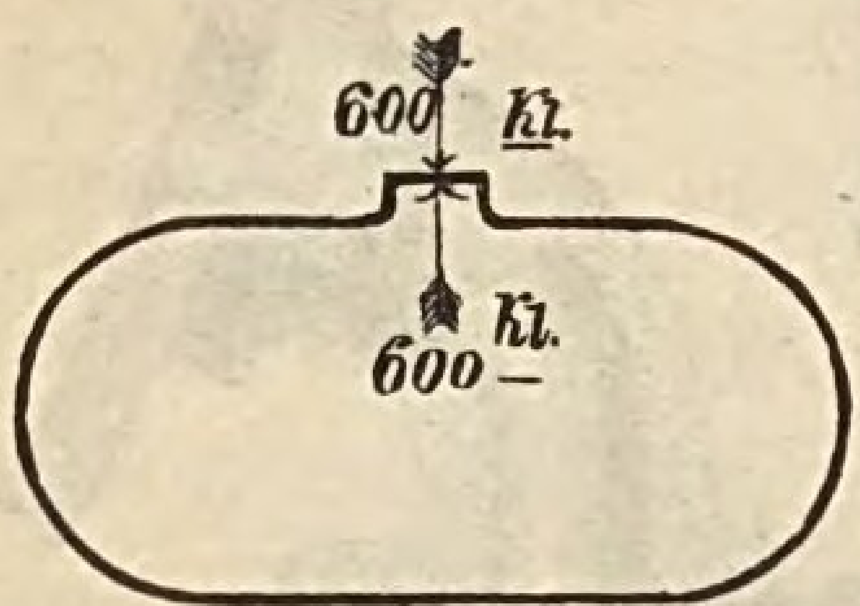


Fig. 128.

In nebenstehend gezeichnetem Kessel, Fig. 128, sei z. B. die runde Oeffnung 60 qcm und der zulässige Druck auf 1 qcm 10 kg; der Dampf drückt mit 60 × 10 kg = 600 kg unter die Scheibe (Ventil). Hat das Ventil von außen dieselbe Belastung, so wird es sich heben und Dampf ausströmen lassen, sobald dieser mit mehr als 600 kg unter das Ventil oder mit mehr als 10 kg auf 1 qcm drückt.

In dem Ventilgehäuse G, Fig. 129, welches seinen Platz auf dem Dampfdome oder auf einem anderen hochgelegenen Punkte

Fig. 129.

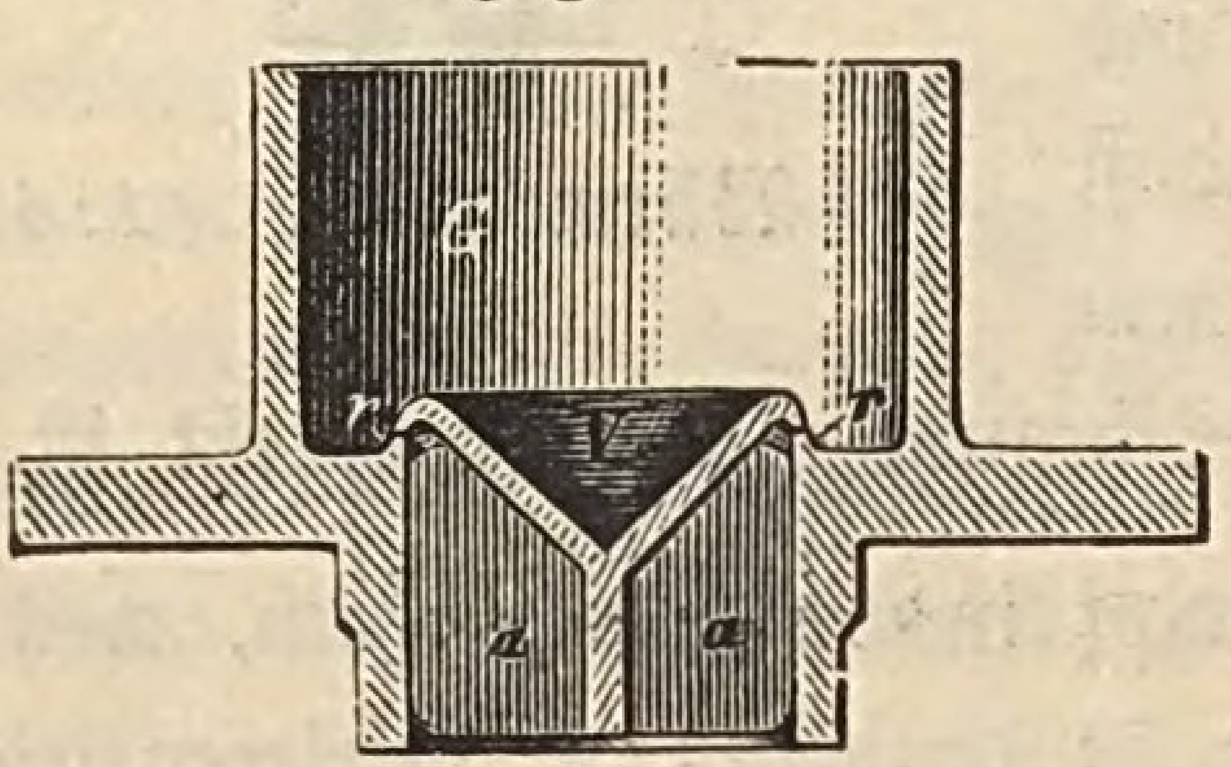
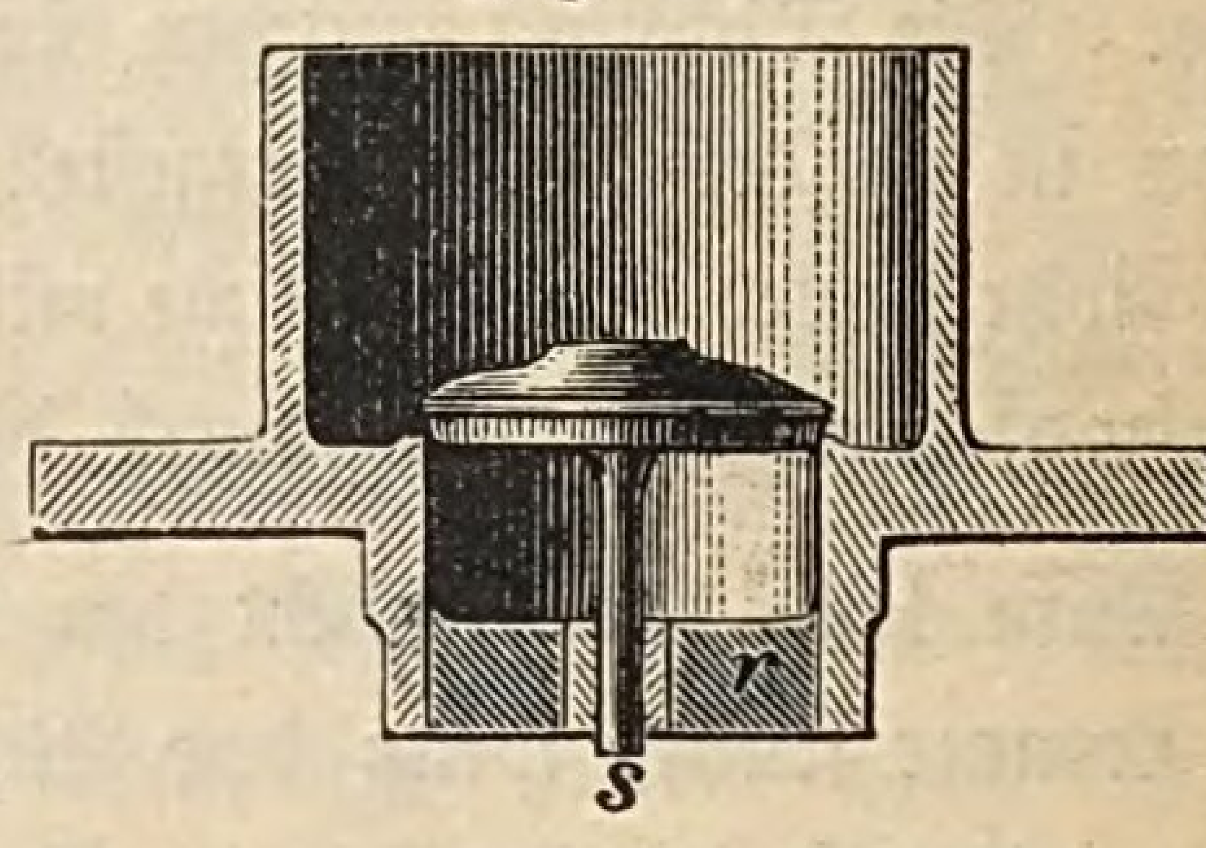


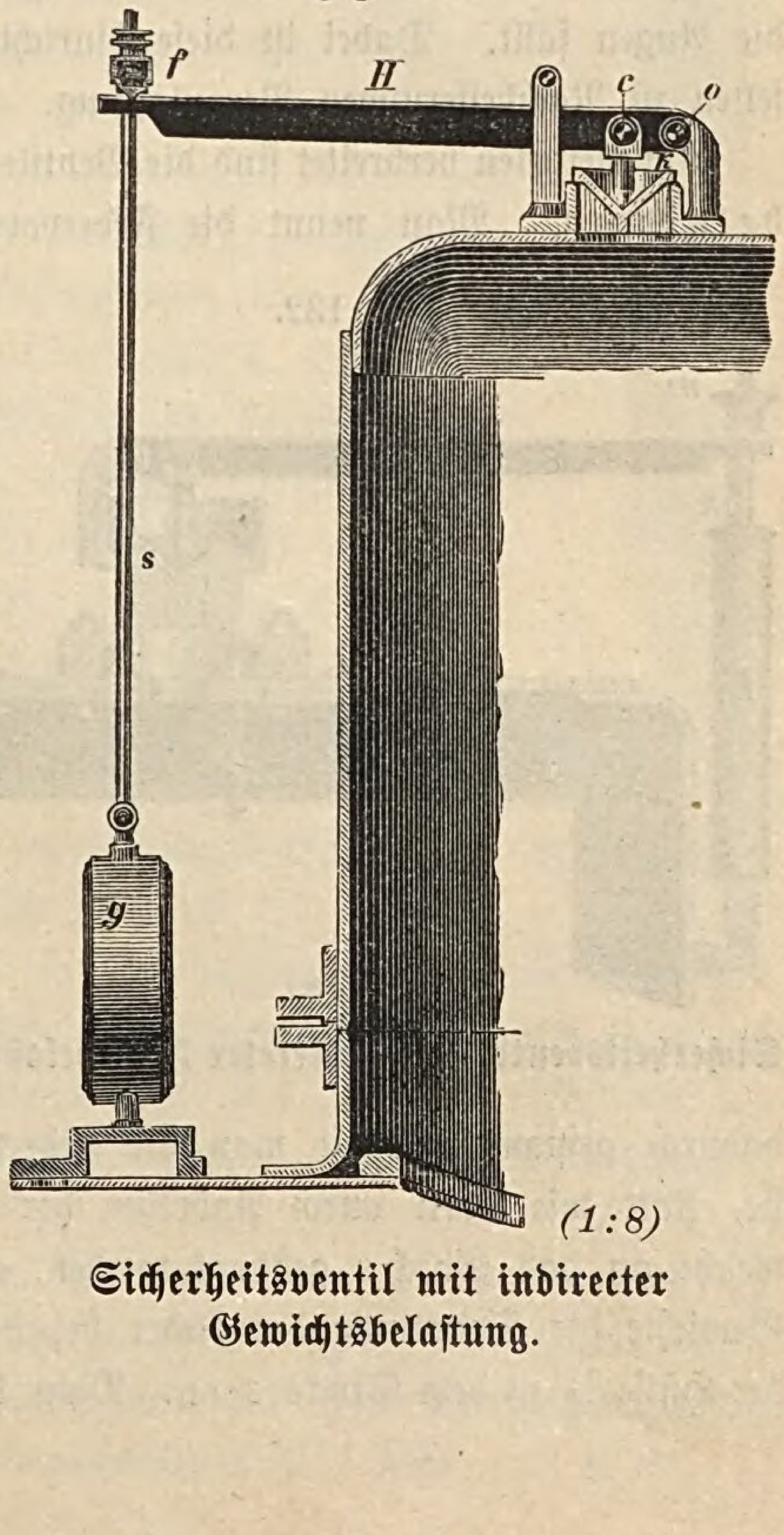
Fig. 130.



Ventile. *(1:4)*

des Kessels hat, ruht das Ventil V dampfdicht auf einem schmalen vorstehenden Rande r r, dem Ventilsitze. Wenn sich das Ventil gehoben hat, muß es beim Nachlassen der Dampfspannung immer sicher auf seinen Sitz niedersinken und sich auch nicht ecken können; es wird daher zu diesem Zwecke im unteren Theile des Gehäuses durch drei Flügel a a a geführt. Die Führung kann auch auf andere Weise hergestellt werden, z. B. wie in Fig. 130. Das Ventil hat einen Stift s, welcher in der dem Ventilgehäuse eingegossenen Rippe r geführt wird.

Fig. 131.



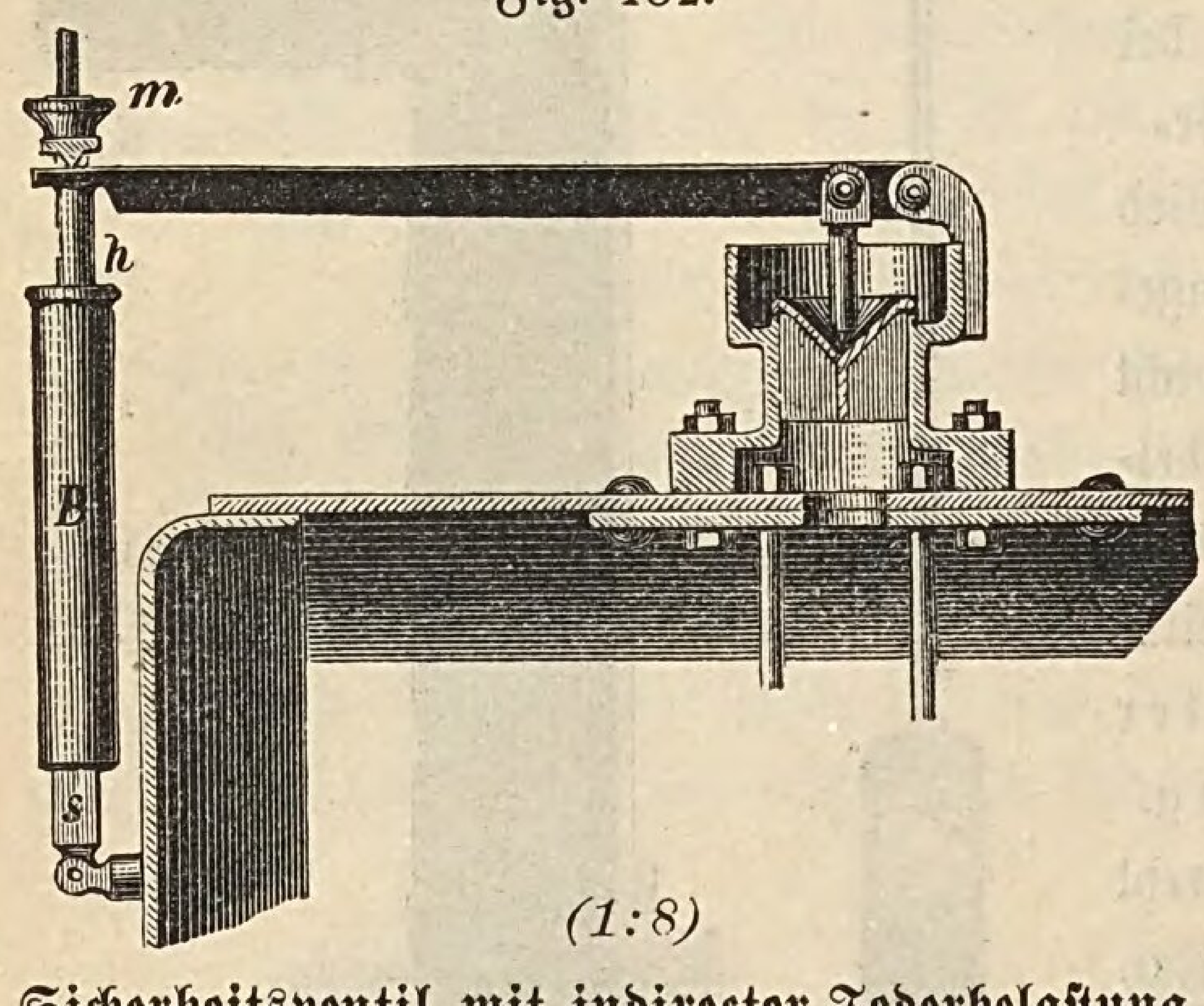
Sicherheitsventil mit indirecter Gewichtsbelastung.

Wird das Ventil unmittelbar (direct) mit Gewichtsstücken belastet, so nennt man die Vorrichtung ein Ventil mit directer Gewichtsbelastung. Diese Einrichtung ist bei Locomotiven außer Gebrauch gekommen. Wird eine Hebelübersetzung angebracht, so muß das Gewicht im Verhältnisse der Hebelarme leichter sein. Fig. 131 zeigt ein solches Sicherheitsventil mit indirecter Gewichtsbelastung. Der Ventilhebel H dreht sich um den Drehpunkt o, bei c stützt sich derselbe mit dem Körner k, welcher um c drehbar ist, auf das Ventil, und an dem anderen Ende hängt an der Stange s das Gewicht g.

Letzteres wird in zwei auf dem Kessel befestigten, senkrecht stehenden Stiften geführt, so daß es seitwärts nicht schwanken kann. Ueber dem Hebelende liegt eine kleine Feder f, welche die durch die Schwankungen der Maschine verursachten Stöße aufnimmt. Diese Feder beseitigt den Uebelstand nicht ganz, daß bei dem Auf- und Niederschwanken des Gewichtes, insbesondere, wenn die größte Dampfspannung bald erreicht ist, stoßweise etwas Dampf aus dem Ventile entweicht (man sagt: das Ventil stottert), trotzdem sind diese Ventile mit Unrecht nicht weiter verbreitet. Sie lassen von allen Ventilvorrichtungen am wenigsten eine willkürliche Mehrbelastung zu, welche nicht alsbald in die Augen fällt. Dabei ist diese Einrichtung die billigste und giebt selten zu Nachbesserungen Veranlassung.

Am weitesten verbreitet sind die Ventile mit indirecter Federbelastung. Man nennt die Federvorrichtung, durch welche die Belastung stattfindet, eine Federwage. Sie besteht, Fig. 132 und 133, aus einer Messingbüchse mit innenliegender Spiralfeder. Wird die über dem Hebelende liegende Mutter m angedreht, so wird die Feder, wenn das Stück s unten festgehalten wird, auseinandergezogen und dadurch gespannt. Hält man die Federwage bei m fest und zieht sie, statt wie oben durch Andrehen der Schraube, durch Gewichte, welche an das Stück s gehängt werden, auseinander, so geben diese Gewichte die Spannung der Feder bei den verschiedenen Stellungen der Hülse B zu dem Stücke s an. Man kann daher das Gewicht der

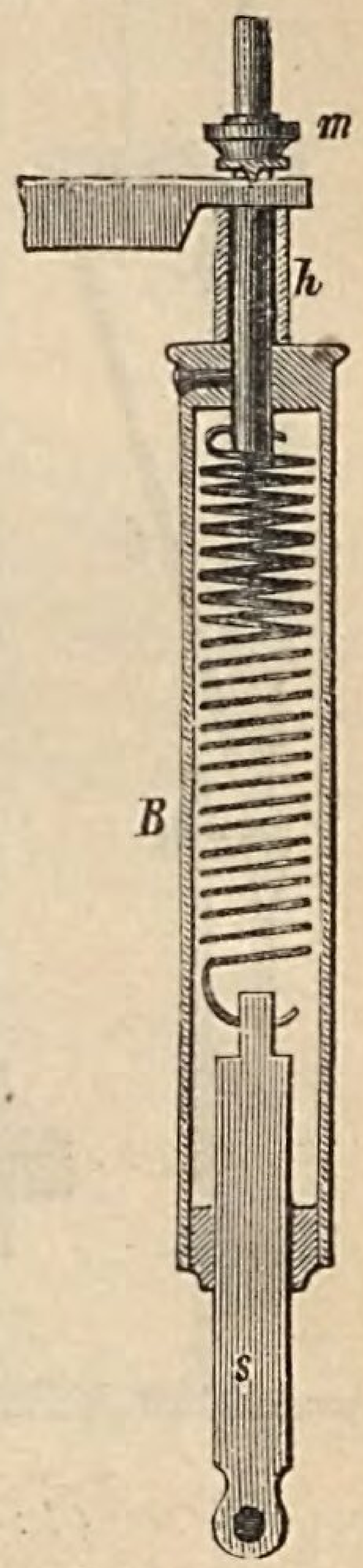
Fig. 132.



Sicherheitsventil mit indirecter Federbelastung.

vorher besprochenen Ventilvorrichtung durch eine gespannte Feder ersetzen.

Fig. 133.



(1:4)

Federwage.

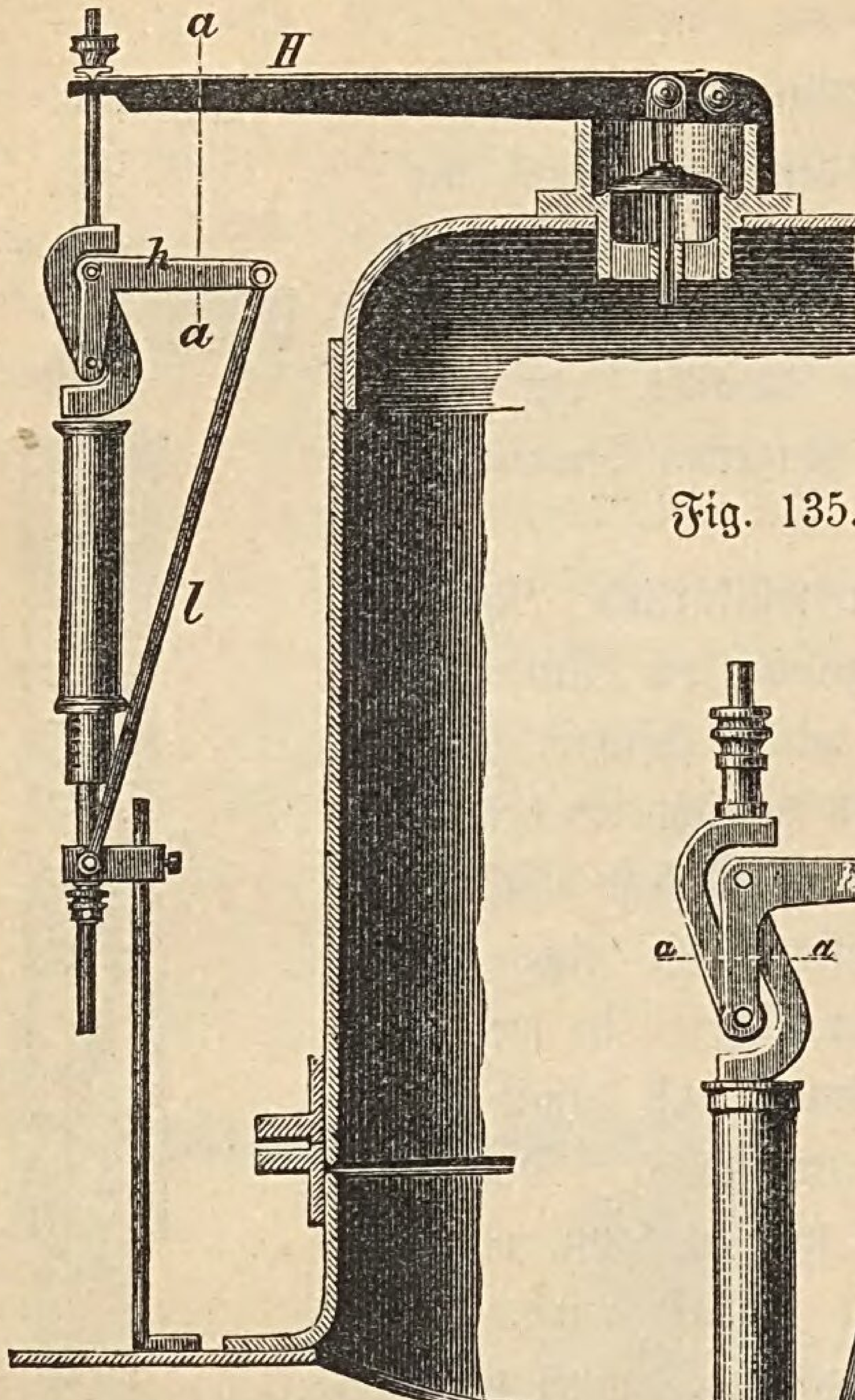
Das Stück s hat gewöhnlich eine Gradeintheilung (Scala), welche den Druck auf die Flächeneinheit angiebt. Sie wird einfach in der Weise angefertigt, daß man die aufgehängte Federwage mit Kilogrammenstücken belastet. In derselben Weise wird sie nach längerem Gebrauche geprüft.

Die Ventile sollen gegen willkürliche Mehrbelastung, welche durch Anschrauben der Mutter m über dem Hebelende erreicht wird, gesichert sein. Die in den Fig. 132 und 133 gezeichneten beiden Federwagen haben, um dieses unmöglich zu machen, zwischen Hebelende und Messingbüchse eine die Schraube umschließende Controlhülse h, welche die weitere Andrehung der Mutter und damit die Mehrbelastung des Ventils verhindert. Damit von der Hülse nichts abgefeilt werden kann, ohne daß es bei der Untersuchung bemerkt wird, ist dieselbe an beiden Enden mit einem Stempel versehen, auch wird sie vorsichtshalber oft auf der Messingbüchse festgelöthet, und wird außerdem noch die ganz genaue Länge in der Prüfungsverhandlung und auf der Hülse selbst vermerkt.

Die Controlhülse macht eine Mehrbelastung nicht durchaus unmöglich; wenn ein dünnes Metallblättchen unter den Körner k gelegt und alsdann die Mutter angeschraubt wird, bis das Hebelende fest aufliegt, so ist das Ventil auch überlastet, worauf also bei Untersuchungen zu achten ist.

Denken wir uns in Fig. 132 das Ventil gehoben, so wird sich das Hebelende, wegen der größeren Entfernung vom Drehpunkte, mehr heben als das Ventil, die Feder wird also stark auseinandergezogen

Fig. 134.



(1:8)

und erfährt dadurch eine Zunahme an Spannung: es ist also der Druck auf das geöffnete Ventil größer als auf das geschlossene. Dieses ist offenbar ein Fehler. Eine von **Meggenhofen** erfundene Einrichtung der Aufhängung der Federwage hebt diesen Uebelstand auf, es bleibt also bei der **Meggenhofen**schen Federwage auch bei gehobenem Ventile der Druck auf dasselbe unverändert. Dieses wird erreicht durch den Winkelhebel h und den Gegenlenker l, Fig. 134, 135 und 136.

Fig. 135.

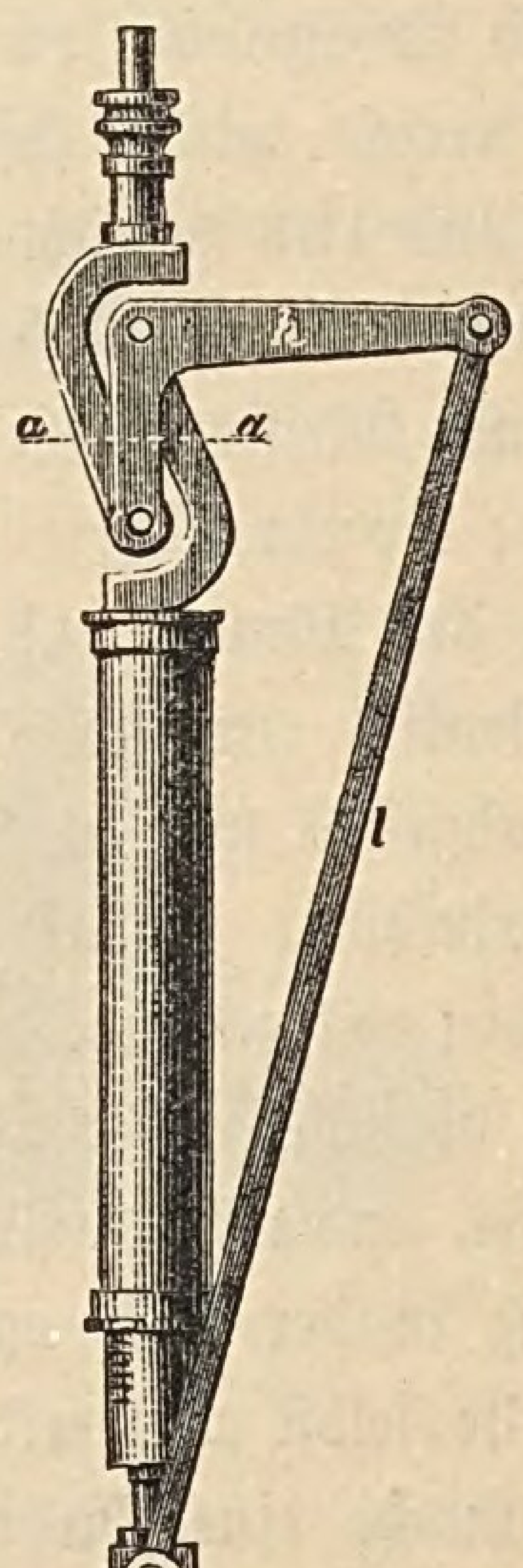
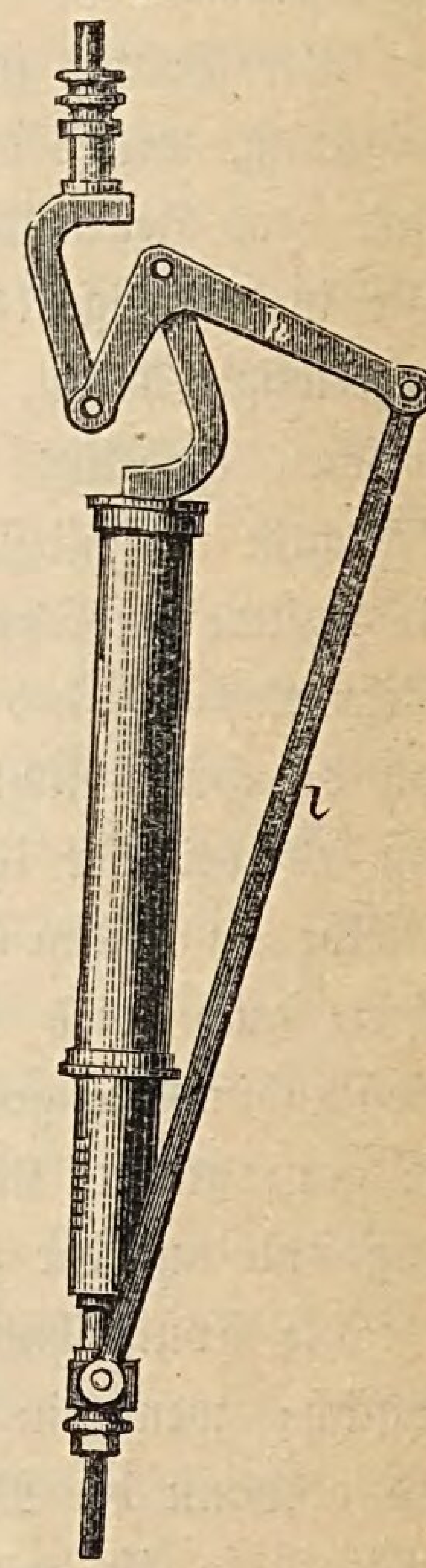


Fig. 136.



Federwage von Meggenhofen. *(1:4)*

Fig. 134 und 135 zeigen die Federwage bei geschlossenem und Fig. 136 dieselbe bei geöffnetem Ventile. Diese Ventile lassen äußerst bequem eine willkürliche Mehrbelastung zu; der Führer braucht nämlich nur einen an beiden Enden umgebogenen Eisendraht über den Winkelhebel und das Hebelende zu schieben (bei a a in Fig. 134 angedeutet), oder bei a a Fig. 135 eine eiserne Klaue anzulegen, um den Zweck der Federwage aufzuheben. Bei einer plötzlichen Prüfung ist der Draht oder die Klaue schnell entfernt.

Das beste Sicherheitsventil würde dasjenige sein, welches durchaus nicht überlastet werden könnte und welches geöffnet so viel Dampf entweichen ließe, daß die zulässige größte Spannung nicht überschritten würde. Die bis dahin besprochenen Sicherheitsventile genügen diesen Anforderungen nicht: trotzdem sie abblasen, steigt die Dampfspannung, und die Mehrbelastung betreffend, ist diese bei den Federwagen sogar höchst einfach.

Bei den Sicherheitsventilen von Kitson und Ramsbottom bleibt der Druck fast gleich, was bei dem Ventile von Meggenhofen in Wirklichkeit nicht der Fall ist.

In den Fig. 137 bis 139 ist das Ventil von Ramsbottom gezeichnet. Die Körner K K stützen sich auf den Balancier B; die Stange S trägt rechtwinkelig zu B den Balancier C, an dessen Enden die Federn F F angreifen. Bei dieser Einrichtung wirken die Federn ohne Hebel auf die Ventile, was ein Vortheil ist, da eine Hebelübersetzung oft Unrichtigkeiten mit sich führt oder mit der Zeit bekommt.

Die Zunahme an Spannung, welche die Federn beim Oeffnen des Ventils erleiden, ist ganz gering, da sie sich nur um 3 mm zu heben brauchen, welche Streckung für die verhältnißmäßig langen Federn ohne Belang ist.

Die Mehrbelastung durch Anziehen der Mutter m kann auch hier durch die Controlhülse h (punktirt) verhindert werden; die Mutter n ist dann nicht vorhanden.

Für den Fall, daß eine Feder brechen sollte, sind dem Ventilgehäuse H im Innern drei Knaggen k k k angegossen, unter welche

das Ventil stößt, welches also nicht herausgeschleudert werden kann, was die sofortige Einstellung der Fahrt zur Folge haben müßte.

Fig. 137.

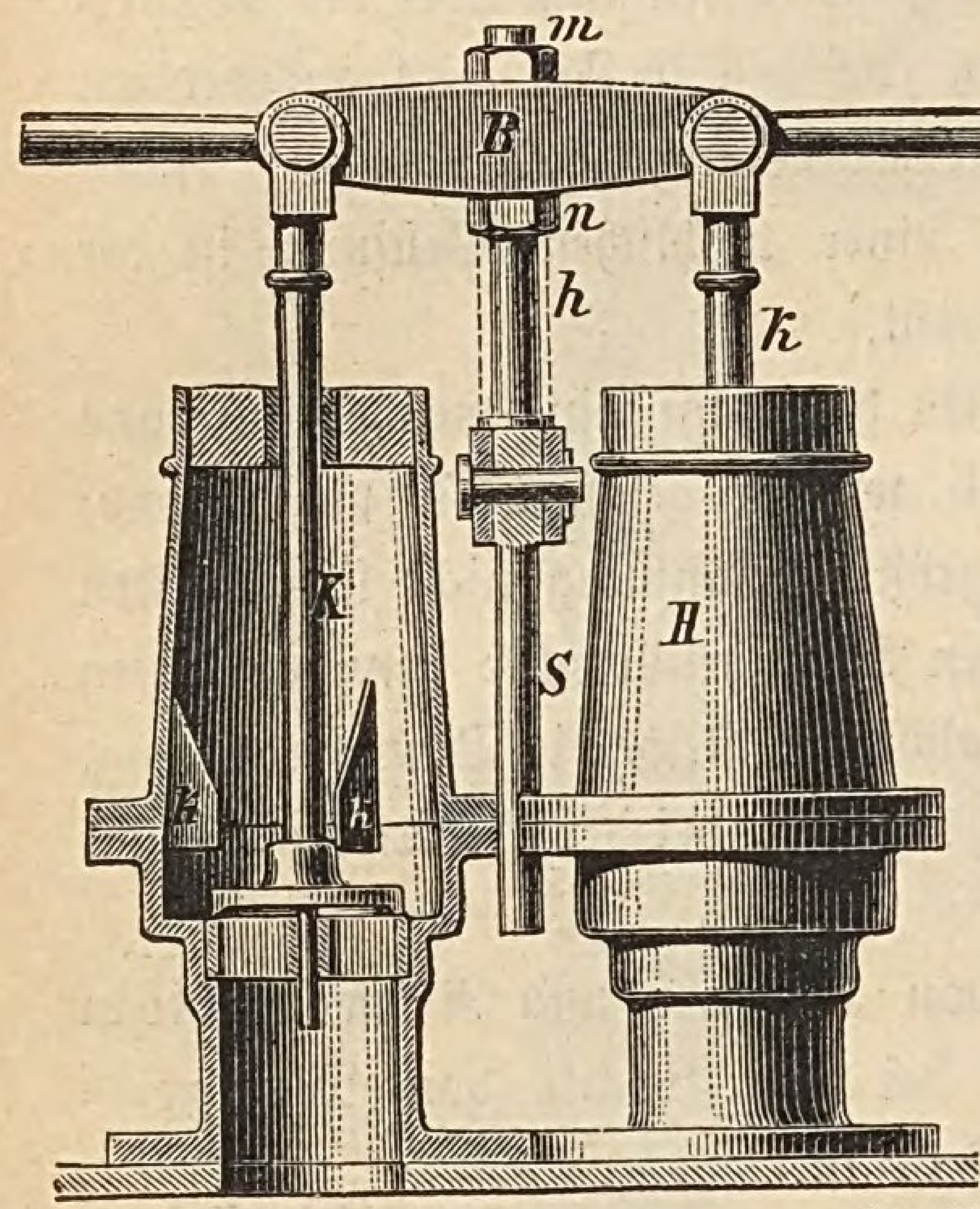
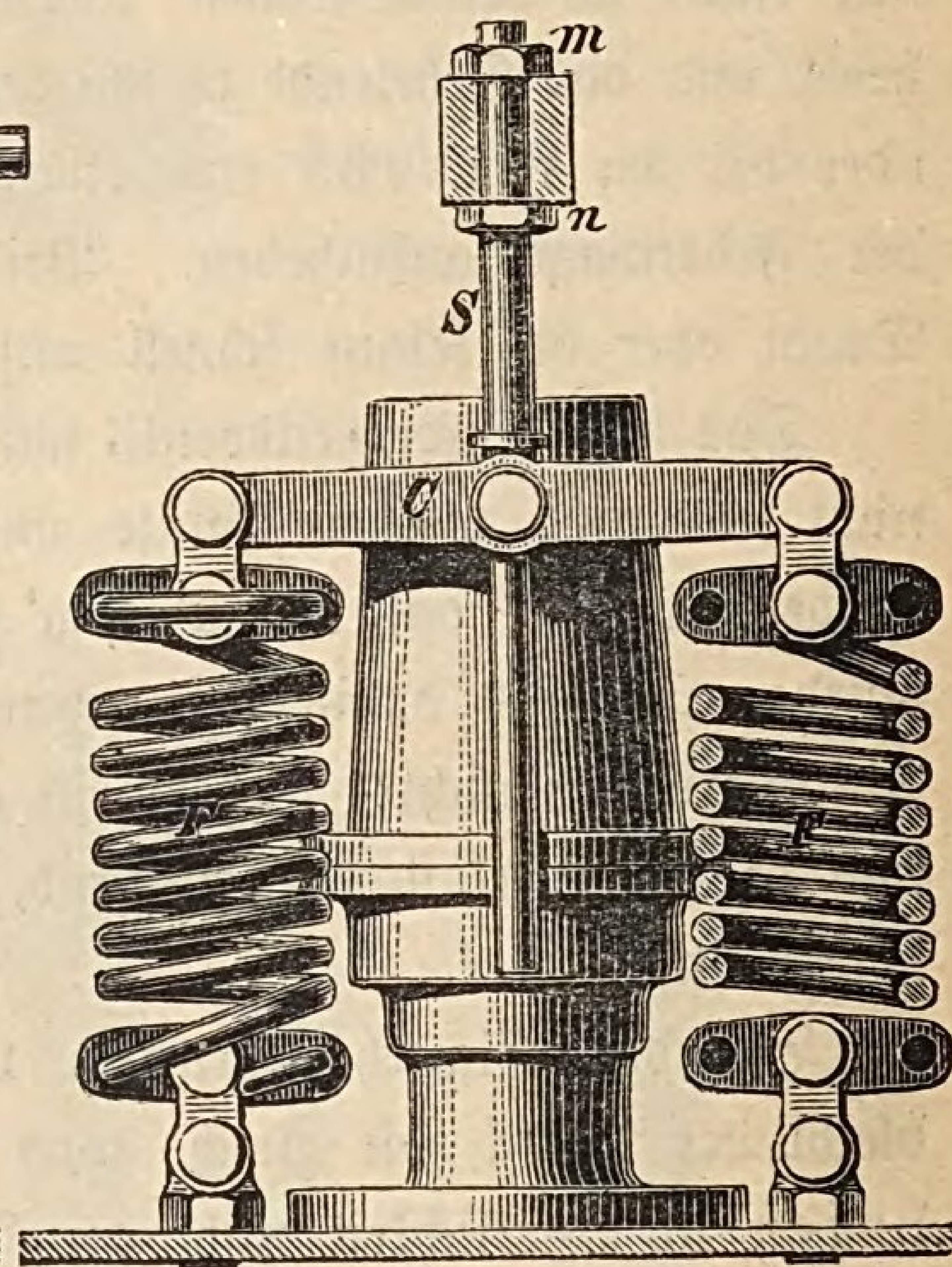


Fig. 138.



(1:10)

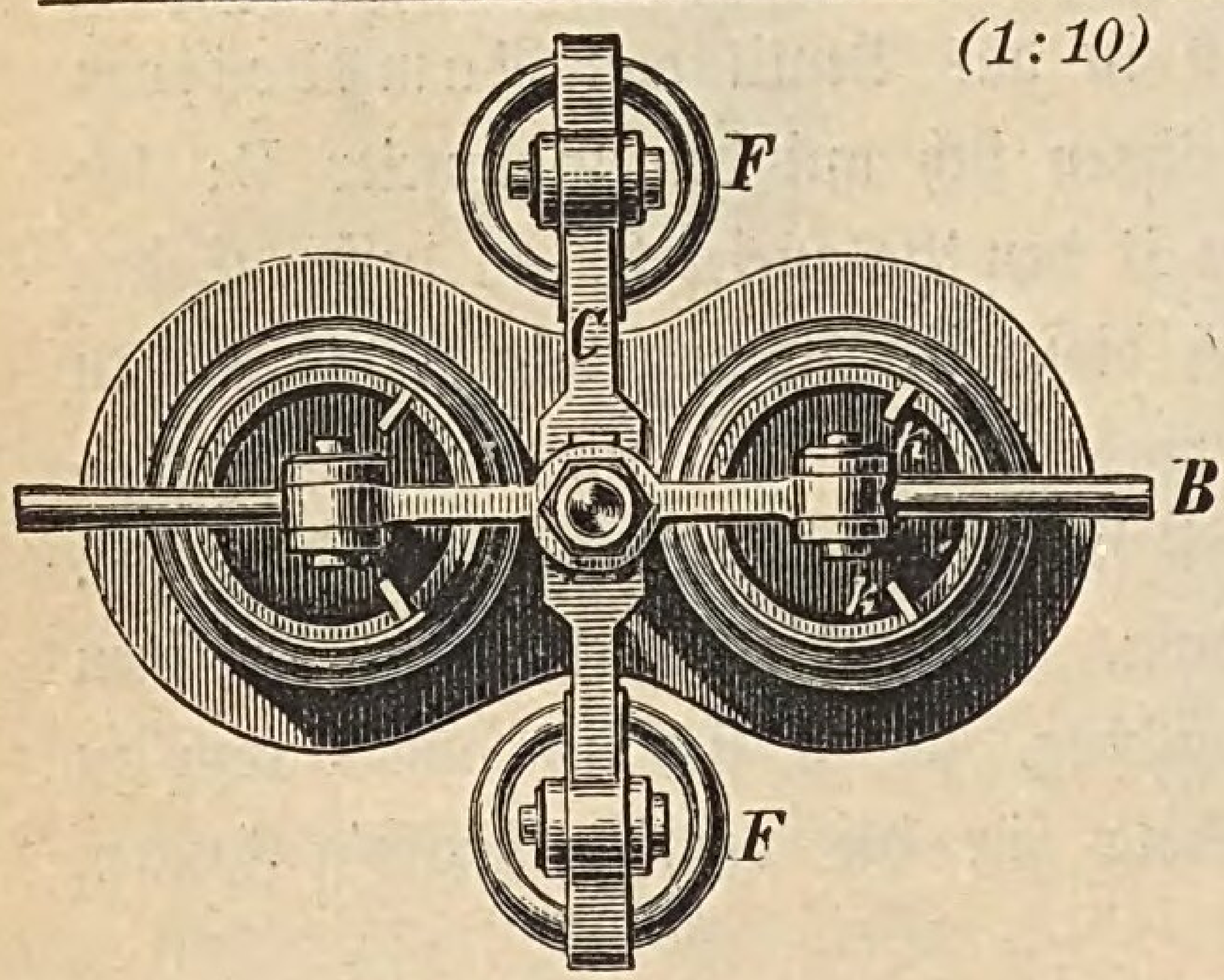


Fig. 139.
Ramsbottom's Sicherheitsventil.

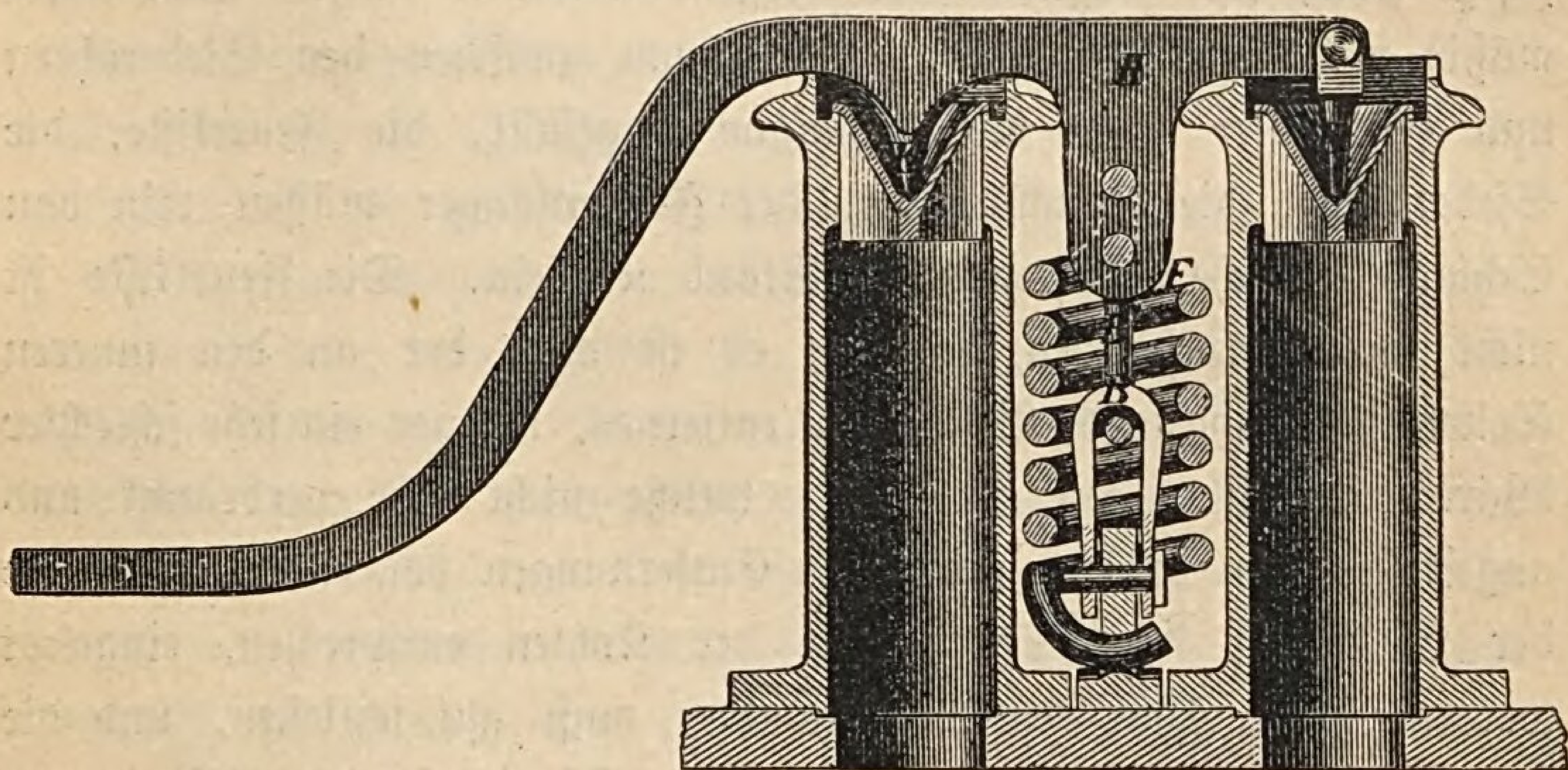
Diese Knaggen sind übrigens ein wunder Punkt dieser Ventileinrichtung, denn der Führer kann zwischen dieselben und das Ventil einen Gegenstand klemmen, also dieses mehr belasten und sogar ganz außer Wirksamkeit setzen.

In anderer Weise ist eine willkürliche, dem Auge sich leicht entziehende Mehrbelastung nicht leicht möglich.

Eine andere sehr gebräuchliche Anordnung von Ramsbottom-Sicherheitsventilen zeigt die Fig. 140 im Durchschnitt und 141 im

Grundriß. Beide Ventile werden durch eine Feder F niedergedrückt, welche, um die ungleiche Belastung durch den Hebel H auszugleichen, um etwa 1 mm aus der Mitte versetzt ist.

Fig. 140.



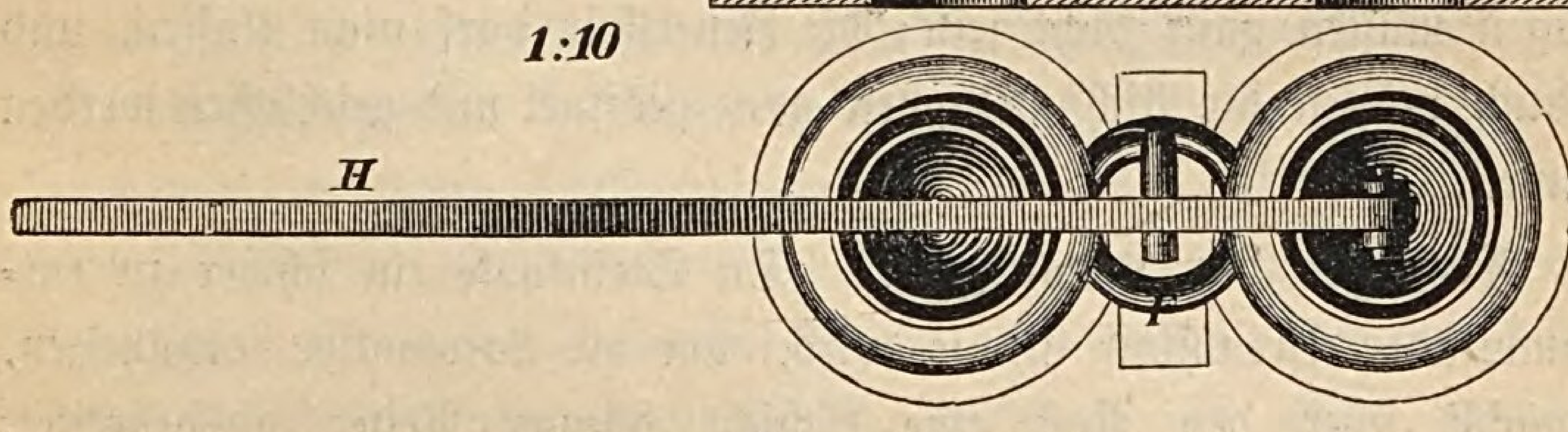


Fig. 141.

Sicherheitsventil von Ramsbottom.

Für den Fall eines Federbruches verhindern die Bügel B und B′ ein Fortschleudern des Hebels H und der Ventile. Ein zwischen diese Bügel geklemmter Keil, dessen Anbringung jedoch durch die im Wege sitzende Feder F sehr erschwert wird, setzt auch hier die Ventile außer Thätigkeit.

Ein Nachspannen der Feder F ist nicht vorgesehen, eine Regelung der Spannung wird am bequemsten durch Streckung oder Kürzung der Körner K vorgenommen.

5. Die Regelung des Feuers.

Die Vorbedingungen, die Feuerung der Locomotive ordentlich zu regeln und zur höchsten Wirkung zu bringen, wobei selbstverständlich eine richtig gebaute Maschine und ein tauglicher Brennstoff vorausgesetzt wird, sind folgende: die Kesselwandungen dürfen nicht übermäßig mit Kesselstein bedeckt, die Räume zwischen den Siederöhren und Feuerkisten nicht mit Schlamm angefüllt, die Feuerkiste, die Siederöhren, die Rauchkammer, der Funkenfänger müssen rein von Schlacken, Asche, Kohlenresten, Staub 2c. sein. Die Feuerkiste ist nicht nur auszustäuben, sondern es ist auch der an den inneren Seiten fest anhaftende Graphit zu entfernen, welcher ein sehr schlechter Wärmeleiter ist. Die Roststäbe, welche nicht sehr verbrannt und angefressen sein dürfen, müssen in Entfernungen von einander, welche der Güte und dem Stückgehalte der Kohlen entsprechen, eingelegt werden. Die Thür der Rauchkammer muß gut schließen, und die Fugen müssen ganz dicht sein; die Feuerthür darf nicht klaffen, und endlich müssen die Aschfallklappen ganz geöffnet und geschlossen werden können.

Anheizen der Locomotive. Da Steinkohle ein schwer zu entflammender Brennstoff ist, so wird, um die Locomotive anzuheizen, zunächst über den Rost eine Schicht dünner Reiser ausgebreitet, darüber stärkere Holzscheite gelegt und dann folgt erst eine Lage Kohlen von mittelgroßen und kleineren Stücken. Durchschnittlich gehören zum Anbrennen einer Locomotive drei trockene Reiserwellen je zu 5—6 kg, $^1/_{20}$ cbm Holz, oder an Stelle dessen 35 kg Torf, und 150 bis 250 kg Kohlen. Das Anzünden geschieht von unten durch die Rostspalten mit Resten von gebrauchter Putzwolle oder Heede, welche in der Regel mit Schmiere oder einem leicht brennbaren Putzöl getränkt sind.

Wenn der Kessel mit kaltem Wasser gefüllt ist, so muß er früher angeheizt werden, um bis zu einem bestimmten Zeitpunkte Dampf zu haben, als wenn von der Fahrt vorher das Wasser noch warm oder

heiß ist; ebenso muß das Anbrennen um so eher erfolgen, je höher der Wasserstand, also je größer die Wassermasse im Kessel ist. Damit es nicht zu lange dauert, bis mindestens so viel Dampf vorhanden ist, daß die Locomotive leer verfahren werden kann, füllt man den Kessel mit kaltem Wasser nur bis zu der Höhe des untersten Probirhahnes.

Da die Maschinenbeamten mindestens eine Stunde vor Beginn des Dienstes bei der Maschine anwesend sein müssen, so ist so früh anzuheizen, daß bis zu diesem Zeitpunkte ein Dampfdruck von 1 bis $1^1/_2$ Atmosphären vorhanden ist, welcher genügt, die Locomotive, wenn sie im Oelen nicht vernachlässigt ist, leer zu verfahren. Je nach der Wärme des Wassers, der Menge desselben im Kessel, der Güte des Brennstoffes und der Geschicklichkeit des Feuermannes sind 2 bis 4 Stunden erforderlich, um diesen Dampfdruck zu erzielen. Derselbe reicht hin, die Locomotive zur Drehscheibe, zur Kohlenbühne und zum Wasserkrahn zu fahren. Das Feuer muß schlecht angelegt sein, wenn alsdann nicht in einer Stunde die zulässige Dampfspannung und ein klares, durchgebranntes Feuer zu erzielen ist.

Es mag an dieser Stelle erwähnt werden, daß oft Führer aus Bequemlichkeit, um nämlich nach Rückkunft von der Fahrt nicht noch Kohlen laden zu müssen, dem Feuermann zu wenig Kohlen auf dem Tender zurücklassen oder solch feines, während der Fahrt zurückgeworfenes Grus, daß das Anheizen der Locomotive damit nicht möglich ist. Es bleibt alsdann dem Feuermann, welcher Kohlen vom Magazin nicht entnehmen kann, nur übrig, um sich das Wohlwollen des Führers zu erhalten — der ihm vielleicht einen kleinen Bruchtheil der Kohlenprämie zukommen läßt —, oder auch, um der Bestrafung wegen schlechten Anheizens zu entgehen, sich die tauglichen Stückkohlen irgendwo anzueignen. In größeren Maschinenschuppen, wo die Putzer unter besonderer Aufsicht stehen, kommt dieses weniger vor, auf kleineren Bahnhöfen dagegen und solchen, wo die Locomotiven nur über Nacht bleiben, ereignen sich solche Vorfälle. Wenn die Oertlichkeiten es erlauben, sollten die Führer verpflichtet werden, nach Be-

endigung der Fahrt Wasser und Kohlen zu nehmen; denn dieses, welches oft kurz vor der Abfahrt durch Rangirzüge, andere Maschinen ꝛc. verzögert wird, verschuldet nicht selten die verspätete Abfahrt eines Zuges.

Bevor der Feuermann das Brennmaterial in der Feuerkiste anzündet, hat er sich Gewißheit zu verschaffen:

1. daß das Wasser im Kessel mindestens bis zum untersten Probirhahn reicht,
2. daß der Regulator geschlossen ist,
3. daß die Steuerung auf der Mitte steht,
4. daß die Cylinderhähne offen sind,
5. daß die Tenderbremse geschlossen und
6. daß Wasser im Tender ist.

Wenn das Wasser nicht bis zum untersten Probirhahn reicht, so hat der Feuermann überhaupt keine Gewißheit, daß die Feuerkistendecke vom Wasser bedeckt ist, es muß deshalb der Kessel nachgefüllt werden. **Wenn der Regulator nicht geschlossen ist und die Steuerung gleichzeitig nicht die Mittelstellung einnimmt, so wird sich die Maschine, sobald der Dampf die dazu hinreichende Spannung erreicht hat, in Bewegung setzen und kann das größte Unglück anrichten.**

Es kommt vor, daß bei geschlossenem Regulator der Schieber den Dampf nicht ganz von den Einströmungsröhren abschließt, ebenso, daß auch der Steuerungsschieber in der Mittelstellung Dampf in die Cylinder durchläßt, man öffnet deshalb die Cylinderhähne, aus welchen solcher Dampf entweicht.

Zur weiteren Vorsicht wird die Tenderbremse fest angezogen. Die Bedingungen 1 bis 5 müssen und können vor dem Anheizen erfüllt werden. Wenn kein Wasser im Tender ist, was nie vorkommen sollte, so ist die größte Vorsicht aufzubieten, daß die zulässige Dampfspannung vor der Füllung des Tenders nicht erreicht wird, weil das in Dampfform aus den Sicherheitsventilen entweichende Wasser nicht ersetzt werden kann.

Von Anfängern in der Feuerungskunde wird sehr oft der Fehler gemacht, von vornherein zu viel Kohlen in die Feuerkiste zu werfen. Sind diese recht gut und stückreich, so erreicht der Dampf zu früh die zulässige Spannung und muß aus den Ventilen abgeblasen werden; sind die Kohlen dagegen minder gut, stückarm oder gar schlecht, so kommt das Feuer nicht zum Durchbrennen. Aus einem niedrigen Feuer läßt sich in nicht zu langer Zeit das geeignete Feuer machen, wogegen, wenn es zu hoch gehalten ist, Unbequemlichkeiten, wenn nicht Betriebsstörungen entstehen. Bei dem Aufbauen des Feuers in der Locomotive gilt als Hauptregel, den Rost zu unterst nur mit Stücken zu belegen, das Grus kommt gelegentlich zur passenden Verwendung.

Wenn beim Anbrennen und bis für den augenblicklichen Zweck Dampf genug vorhanden ist, bleiben die an dem Aschenfall befindlichen Klappen geöffnet.

In dem Maschinenhause wird die Locomotive mit ihrem Schornsteine genau unter den Kamin (Rauchrohr) gestellt, da sonst der beim Anheizen sich in großer Menge bildende Rauch das ganze Heizhaus anfüllt. Wenn der Schornstein der Locomotive ziemlich nahe an den Kamin reicht, so fördert letzterer auch den Luftzug.

Nachdem die Kohlen in der Feuerkiste schon einigermaßen angebrannt sind, und wenn die Flamme zum Durchbruch kommt, kann die Feuerthür etwas geöffnet werden: die mäßig eintretende Luft, welche langsam durch die Feuerkiste streicht, erhitzt sich in der Flamme, zieht heiß durch die Sieberöhren und trägt zur Erwärmung des Wassers bei.

Wenn der Dampfdruck sich nicht rechtzeitig einstellen will, so wird häufig das Stocheisen falsch gebraucht, indem der Unkundige mit demselben in der Feuerkiste herumfährt und das Unterste uach oben bringt. Es werden dadurch die Stellen, wo die Flamme oder die Gluth bereits zum Durchbruch gekommen war, mit todtem Brennstoffe gedämpft, größere Feuermassen werden zerstreut und geben dann so wenig Hitze, daß die benachbarten Kohlentheile nur schwer in Brand gerathen.

Man hat in einem solchen Falle von dem todten Brennstoffe, welcher jedoch schon angewärmt ist, auf die hellen Stellen zu bringen, oder eben so gut, man läßt die ganze Masse in der Feuerkiste ruhig liegen und weiter vorwärmen, wirft aber kleine Stücke auf die hellen Stellen, am besten mit der Hand, da mit der Schaufel gewöhnlich zu viel Brennstoff gefaßt wird. Sobald eine größere Menge Kohlen angebrannt ist, wird davon auf die Stellen geschoben, wo der Rost noch unbedeckt ist, damit das Einströmen der kalten Luft aufhört.

Wenn beim Einlegen des Brennstoffes ein Fehler gemacht ist oder wenn die Reiserwellen und das Holz naß waren, so thut es hernach die Gewalt nicht; wird in der angeführten Weise verfahren, so kommt man am frühesten, wenn auch vielleicht nicht früh genug, zum Ziel.

Die Dampfpfeife zeigt eher als der Dampfdruckmesser an, ob der Dampf sich einstellt, nur hat man zu unterscheiden, ob der Ton von der ausgedehnten Luft im Kessel oder vom Dampf herrührt; im letzteren Falle spritzt gewöhnlich auch Wasser aus der Pfeife, welches sich aus dem Dampfe an den Wänden des Pfeifenrohrs verdichtet hat.

Macht die Locomotive bei verspäteter Abfahrt, sowie bei längeren Aufenthalten oder bei anderen Gelegenheiten zu viel Dampf, so wird zunächst die hintere und, wenn es nöthig, auch die vordere Aschklappe geschlossen, um den Luftzug zu mäßigen oder ganz abzuhalten. Dabei ist zu bemerken, daß die stark erhitzte Feuerkiste durch den plötzlichen Abschluß der Luft eine schädliche Abkühlung erleidet, die erfahrungsmäßig bei empfindlichen Rohrwänden das Rinnen der Sieteröhren nach sich ziehen kann.

Die Rauchkammerthür zu öffnen oder den Schornstein zu schließen ist, wenn nicht die Gefahr eines zu hohen Dampfdruckes es nöthig macht, nicht zu empfehlen. In beiden Fällen tritt eine plötzliche und deshalb schädliche Abkühlung ein. Unter Umständen kann das Feuer dadurch gedämpft werden, daß man einige Schaufeln voll feiner, angenäßter Kohlen aufschüttet, wobei jedoch das Feuer vor der Rohrwand und auch noch nach der Mitte hin klar zu halten ist, und zwar

wiederum deshalb, damit die Rohrwand nicht eine plötzliche Wärmeveränderung erleidet.

Gebrauch des Blasehahnes. Macht eine Locomotive nicht schnell genug Dampf, so kann dieser, wenn er eine Spannung von $^1/_2$ bis $^3/_4$ Atmosphären erreicht hat, zur Anfachung des Feuers benutzt werden. Es befindet sich an einem hochgelegenen Punkte des Kessels, gewöhnlich am Dampfdome, ein kleiner Hahn x, Fig. 5, Taf. 1, Blasehahn, auch Bläser genannt, welcher vom Stande des Führers aus durch eine mit einem Griffe verbundene Stange geöffnet und geschlossen werden kann. An denselben schließt sich ein Rohr, welches durch die Wandung des Schornsteins und in diesem senkrecht in die Höhe geht.

Eine andere Einrichtung dieses Rohres zeigt Fig. 162. Das Ende desselben ist ringförmig um die Mündung des Ausgangsregulators gelegt und entströmt der Dampf aus vielen kleinen Löchern dieses Rohrringes.

Zur Anfachung des Feuers wird der Blasehahn geöffnet: es strömt alsdann Dampf mit ungemeiner Geschwindigkeit durch das Rohr in den Schornstein hinauf, welcher die Gase aus der Rauchkammer mit fortreißt und sie im Schornsteine vor sich herschiebt und so das lebhafte Nachströmen der Luft befördert. Die Wirkung des Dampfes ist bei der Einrichtung des Blaserohrs wie in Fig. 162 kräftiger als bei der erst besprochenen. Beim Gebrauche des Bläsers ist die Feuerthür zu schließen, da anderenfalls die Luft durch diese und nicht durch den Rost einströmen würde.

Da bei einer lebhafteren Verbrennung die Rauchbildung nicht arg ist, so kann durch den Gebrauch des Blasehahnes das auf den Bahnhöfen für die Umgebung unangenehme Qualmen einigermaßen vermieden werden, es ist jedoch wegen seines unangenehmen Geräusches seine Anwendung thunlichst zu beschränken.

Der Führer benutzt den Bläser auch noch, wenn er nach der Beschaffenheit des Feuers sehen oder Schlacken entfernen will und die

Flamme aus der Feuerthür herausschlägt, was bei Benutzung des Bläsers aufhört.

Das Rohr leidet in seinen Biegungen mit der Zeit durch den durchströmenden Dampf, der hier plötzlich eine andere Richtung annehmen muß; der Führer thut daher gut, das Rohr zeitweise abzuschrauben und zu untersuchen. Die Kohlen sind oft nicht von der Güte und die Aufenthalte auf den Bahnhöfen zu kurz, als daß ohne den Blasehahn schnell genug der erforderliche Dampf erzeugt werden könnte, es sind daher in Folge eines Schadens an diesem Rohre schon Fahrverluste und Betriebsstörungen vorgekommen.

Der Blasehahn kann beim Fahren auf dem Gefälle, wenn die Locomotive ohne oder mit wenig Dampf läuft, benutzt werden. Man kann annehmen, daß er noch auf die Feuerung wirkt, so lange das Geräusch des ausblasenden Dampfes zwischen den Schlägen hörbar ist.

Feuern während der Fahrt. Nach Antritt der Fahrt sind die Strecken- und Witterungsverhältnisse, die Schwere des Zuges, die inne zu haltende Geschwindigkeit und die Länge des zurückzulegenden Weges für die weitere Regelung des Feuers maßgebend.

Wenn schon bei der stillstehenden Locomotive die Dampferzeugung wesentlich beeinflußt ist durch die Güte der Kohle, deren Stückgehalt und die Geschicklichkeit des Feuermannes, so ist dieses beim Fahren erst recht der Fall, weil mehr Dampf erzeugt werden muß, um den verbrauchten schnell und zur Genüge zu ersetzen. Die Feuerungskunde läßt sich in ihren Einzelheiten nicht lehren, auch lassen sich allgemein gültige Regeln, wie in jedem Falle zu verfahren ist, um das Feuer zur höchsten Wirkung zu bringen, kaum aufstellen; eine Maschine anderer Gattung und eine Kohle anderer Güte ist anders zu behandeln. Die eine Kohle erzielt bei einer hohen, die andere bei einer mittelhohen, die dritte endlich bei einer niedrigen Schicht in der Feuerkiste das beste Feuer. Der Lehrling hat die Kunst, ein gutes Feuer zu machen und zu unterhalten, seinem Meister abzusehen.

Immer ist beim Aufgeben der Kohlen darauf zu halten, daß sie nicht zu nahe vor die Rohrwand geworfen werden oder durch den

Zug dahin fliegen; auch dürfen sie vor der Rohrwand nicht höher, als bis zu der untersten Siederohrreihe reichen. Frische Lagen müssen hinten unter der Feuerthür, sowie in den hinteren Ecken und alsdann an beiden Seiten aufgetragen werden (Gassenfeuer). Während der glühende und flammende Brennstoff, in einem Halbbogen vor der Rohrwand liegend, eine große Hitze und eine bis in die Sieteröhren gezogene Stichflamme giebt, hat der frisch aufgebrachte Brennstoff Zeit, sich anzuwärmen und zu entzünden. Bei geneigt liegenden Rosten rüttelt der Brennstoff, je mehr vorn wegbrennt, durch die Erschütterungen der Maschine voran, wozu auch vorsichtig mit dem Stocheisen nachgeholfen werden kann.

Liegen die Roste wagerecht, so muß bei einem solchen Feuer zu häufig von dem Stocheisen Gebrauch gemacht werden, und kann man alsdann auch frische Kohlen bis vor die Rohrwand werfen, aber nur in kleinen Mengen und, wenn sie vorhanden, nur in Stücken von Ei- und Faustgröße, sog. Knabbeln.

Verengung des Ausgangsregulators. Ist die Dampfentwickelung bei offenen Aschfallklappen nicht genügend, sei es, daß das Feuer nicht richtig angelegt ist, die Kohlen stückarm und schlecht sind, oder daß gegen das Ende der Fahrt die Roste verschlackt und die Sieteröhren verstopft sind, so hat der Führer in dem verstellbaren Ausgangsregulator ein Mittel, das Feuer besser anzufachen.

Der in den Cylindern gebrauchte Dampf, welcher stoßweise unter den bekannten hörbaren „Schlägen“ dem Exhaustor entströmt, treibt die heißen Gase des Schornsteins vor sich her und wirkt bei jedem Stoße wie ein Pumpenkolben saugend auf die Gase in der Rauchkammer und in den Sieteröhren, in Folge dessen dringt die frische Luft durch die Rostspalten lebhaft durch das Feuer nach.

Wenn die Ausflußöffnung des Ausgangsregulators verengt wird, so muß, bei derselben Cylinderfüllung, die gleich große Dampfmenge aus der kleineren Oeffnung in derselben Zeit entweichen. Der Dampf entströmt alsdann dem Exhaustor und dem Schornsteine mit größerer Pressung; die heißen Gase und die Luft werden kräftiger mit-

gerissen, und die frische Luft stürzt mit größerer Kraft und schneller in den Brennstoff. Sie entflammt dann die Kohlenschichten, welche nicht zum Durchbrennen kommen wollten; die Flamme wird bis in die Siederöhren hineingetrieben; es bleibt auch bei theilweise durch Schlacken bedecktem Roste die einströmende Luft vorläufig noch genügend.

Die Verengung des Ausgangsregulators führt jedoch auch Nachtheile mit sich. Der ausströmende Dampf übt nämlich, wenn er am freien Austreten durch den verengten Exhaustor gehindert wird, einen größeren schädlichen Rückdruck auf der Luftseite des Kolbens aus (die Maschine läuft steifer), welcher durch eine größere Dampfgabe überwunden werden muß. Es gebraucht also die Maschine um so mehr Dampf für die eigene Bewegung, je enger der Ausgangsregulator gestellt ist.

Dadurch, daß die heißen Gase und die Flamme mit verstärkter Gewalt an die Rohrwand und in die Siederöhren getrieben werden, hört die gleichmäßige Erhitzung der Feuerkiste auf, die Rohrwand wird heißer und erfährt deshalb gegen die anderen Wände eine ungleiche Ausdehnung und, wenn die Maschine zu arbeiten aufhört, Zusammenziehung. Es mag dies nicht von Jedem für richtig gehalten werden, jedenfalls lehrt die Erfahrung, daß, wenn die Maschine längere Zeit mit verengtem Exhaustor gearbeitet hat, die Siederöhren oft, wenn auch nur vorübergehend, zu rinnen anfangen.

Erfahrene Führer haben es in der Gewohnheit, kurz vor Erreichung des Zieles oder der Höhe den Ausgangsregulator wieder auf die größte Weite zu stellen, sie fahren nicht bis zum Absperren des Regulators mit verengter Exhaustormündung. Wenn denselben die Erfahrung gelehrt, daß dadurch das Rinnen der Siederöhren vermieden werden kann, so erklären wir uns diese Thatsache dadurch, daß durch die Weiterstellung des Exhaustors, bevor die Locomotive zu arbeiten aufhört, eine allmäligere Ausgleichung der Wärmeunterschiede in den Feuerkistenwänden eintritt.

Andere Nachtheile, welche der Gebrauch des verengten Exhaustors im Gefolge hat, sind die, daß durch die schärfere Stichflamme die Börtel der Sieberöhren vor der Zeit abgenutzt werden, und daß mehr unverbrannte Kohlen durch die Sieberöhren gerissen werden, welche in der Rauchkammer oft zu brennen anfangen und die Wandungen zerstören; ferner tritt ein verstärkter Funkenauswurf aus dem Schornsteine und damit die Gefahr der Zündungen ein; endlich kommt noch hinzu der Verlust an Brennstoff.

Die Ersparniß durch geringeren Ankaufspreis von stückarmen Kohlen, sog. Förderkohlen, oder von Kohlen schlechter Güte mit einem großen Procentsatz an unverbrennlichen Bestandtheilen, also von Kohlen, welche die Verengung des Exhaustors oft nöthig machen, ist unserer Ansicht nach trügerisch; dieselbe wird bei weitem aufgehoben durch den Mehrverbrauch an Roststäben, durch die Ausbesserungskosten an Feuerkisten, Sieberöhren, Rauchkammerwandungen, sowie durch den vor der Zeit nöthig werdenden Ersatz dieser Theile.

Eine gute, stückreiche Kohle ist mit Rücksicht hierauf die billigste und die Seele eines flotten Betriebes.

Aschfallklappen. Feuerthür. Wenn während der Fahrt das Feuer für den augenblicklichen Bedarf zu viel Dampf macht, so werden eine oder beide Aschfallklappen ganz oder zum Theil geschlossen. Durch Abschluß der Luft wird dem Feuer die Nahrung entzogen und ist die Verbrennung minder lebhaft. Der Ausgangsregulator ist selbstverständlich vorher auf die größte Weite zu stellen.

Wenn dennoch die Dampfspannung steigt und der Führer kann von dem Dampfe zum Speisen des Kessels keinen Gebrauch machen, so tritt alsbald eine Abnahme der Dampfspannung ein, wenn bei geschlossenen Aschklappen die Feuerthür geöffnet wird. Die Luft strömt alsdann oberhalb des Feuers ein, sie streicht schnell durch die Feuerkiste, wird deshalb nicht bedeutend angewärmt und wirkt in den heißen Sieberöhren abkühlend.

Auch hier ist anzuführen, daß diese Abkühlung schädlich auf die Sieveröhren einwirken kann.

Die vorläufige Dämpfung des Feuers durch Auftragung einer Schicht feiner angenäßter Kohlen ist angängig, doch darf die Lage nicht zu dick sein, damit sie durchgebrannt ist, wenn die Dampfspannung unter die zulässige Höhe zu sinken droht.

Beim Aufgeben des Brennstoffes ist nöthigerweise die Thüre zu öffnen; dieselbe muß nach dem Einwerfen einer Schaufel voll schnell wieder geschlossen werden, auch muß das Feuern rasch vor sich gehen, der Feuermann hat beim Aufgeben einer Schaufel voll schon zu beurtheilen, wohin die nächste Schaufel voll gehört, damit er bei geöffneter Thür die Stelle nicht erst zu suchen braucht.

Feine und leichte Kohlen müssen angefeuchtet werden, es ist denselben beim Einwerfen eine solche Richtung zu geben, daß sie nach unten und den Seiten fallen und nicht durch den Zug vor die Rohrwand und in die Sieveröhren fliegen.

Je häufiger die Gefällwechsel einer Bahn sind, um so größere Geschicklichkeit erfordert die Regelung des Feuers, weil leicht der Fall eintreten kann, daß auf dem Gefälle, wenn die Maschine ohne Dampf läuft, überschüssiger Dampf aus den Ventilen abgeblasen werden muß, welcher auf der folgenden Steigung fehlt. Der Führer hat auf dem Gefälle dafür zu sorgen, daß der Kessel bis zu der zulässigen Höhe mit Wasser gefüllt und das Feuer so aufgefrischt und geregelt wird, daß es auf der folgenden Steigung die höchste Wirkung erzielt. Wenn die Höhe erklommen ist, so muß das Feuer so beschaffen sein, daß es auf einer folgenden wagerechten Strecke noch Dampf genug für die Fahrt und für die nöthig gewordene Speisung macht; folgt der Steigung ein längeres Gefälle, so läßt man den Wasservorrath im Kessel bis zum zulässig niedrigsten Stande sinken, es wird dann der auf dem Gefälle sich bildende Dampf zum Speisen verwendet. Es ist jedoch wohl das zu beachten, was beim Kapitel „Beobachtung des Wasserstandes“ über den wirklichen und scheinbaren Wasserstand gesagt ist.

Ausschlacken u. A. Je nach der Menge von unverbrennlichen Bestandtheilen, welche einer Kohle beigemengt sind, als Steine, Schiefer, Thon, Metalle oder solche, welche das Eisen angreifen, u. a. Schwefel, wird der Rost der Locomotive früher oder später verstopft oder werden die Roststäbe so angegriffen (zusammengebacken), daß die Luft nicht mehr hinreichend durchdringen kann und deshalb den Kohlen die zum Verbrennen nöthige Nahrung in ungenügender Menge zugeführt wird.

Wenn die Kohle wenig schlackenbildend ist, so können über der Feuergrube die unverbrannten Reste mit dem Schlackenhaken von unten durch die Rostspalten gezwängt werden. In vielen Fällen bilden die Schlacken größere aneinander geschmolzene Stücke; es ist dann eine gründliche Reinigung des Rostes nur durch Entfernung der Schlacken aus der Feuerthür möglich.

Man läßt das Feuer gegen Ende der Fahrt oder bis zu dem Bahnhofe, wo ein längerer Aufenthalt ist, allmählich niederbrennen, so daß die Schlacken sichtbar werden. Diese werden mit dem Schlackenhaken aufgebrochen und mit der Schlackengabel herausgenommen; auf die gereinigten Stellen werden sofort wieder brennende Kohlen geschoben, damit keine kalte Luft einströmt.

Außer dem Roste ist auch die Rauchkammer und der Aschenfall zu reinigen und der Funkenfänger von dem anhaftenden Kohlenstaube u. s. w. durch Anklopfen zu befreien.

Wenn die Locomotive scharf gearbeitet hat, ist die Rohrwand, besonders in der Nähe der Rohrmündungen, mit Graphit beschlagen, der ein schlechter Wärmeleiter ist und deshalb mit dem Ausschlackhaken oder dem Schneckenrohre abgestoßen werden muß.

Es kann nicht ausbleiben, daß bei dem Oeffnen der Rauchkammerthür und dem längeren Offenbleiben der Feuerthür, bei dem Reinigen des Rostes, kalte Luft eintritt, die schädlich wirkt und erfahrungsmäßig das Rinnen der Siederöhren nach sich ziehen kann. Unter allen Umständen ist das gleichzeitige Speisen des Kessels zu unterlassen; dieses hat zu Ende der Fahrt, wenn die Maschine noch

mit Dampf arbeitet, zu geschehen. Je niedriger der Dampfdruck, also auch je niedriger die Wärme ist, um so weniger ist das Rinnen der Siederöhren zu befürchten.

Am besten wird in der Weise verfahren, daß zuerst, bei geschlossenen Aschklappen, der Rost durch die Feuerthür gereinigt und das Feuer wieder aufgefrischt, alsdann die Asche herausgenommen und zuletzt die Rauchkammer entleert wird.

Ist ein Fahrplan von vornherein mit Rücksicht auf den Locomotivdienst so angelegt, daß, je nach den Steigungsverhältnissen, der Locomotivführer nach zurückgelegten 30 bis 70 km hinlänglich Zeit hat, unter Umständen bis zu einer Stunde, die Maschine gründlich nachzusehen und wieder betriebsfähig zu machen, so kann diese 300 und mehr Kilometer zurücklegen, ohne daß es behufs Einlegung neuer Roststäbe, gründlicher Reinigung der ganzen Feuerkiste, der Siederöhren 2c., nöthig wird, das Feuer verlöschen zu lassen. Auch hierbei wird jedoch vorausgesetzt, daß dem Führer gute, nicht zu stückarme Kohlen zu Gebote stehen.

In welchem Maße bei sonst richtig gebauter Locomotive die Leistungsfähigkeit derselben von der Güte der Steinkohlen abhängig ist, wurde vor einigen Jahren auf der Pennsylvaniabahn in Amerika bewiesen, indem dort eine Locomotive ohne Anhalt einen Personenzug von Jersey-City nach Pittsburg = 733,5 km in 10 Stunden 5 Minuten beförderte. Der Tender wurde während des Fahrens aus Schöpfkanälen gefüllt. Außer auf dem Tender befanden sich auch in dem nächstfolgenden Wagen noch Steinkohlen in Säcken, welche auf den Tender geworfen wurden.

Nähert sich der Locomotivführer mit dem Zuge der Heimath oder einem Bahnhofe, wo er und die Maschine längere Zeit Ruhe (Uebernachtung) haben, und wo eine neue Anheizung erfolgen wird, so liegt es im Vortheile der Kohlenersparniß und der Locomotive, das Feuer allmälig niederbrennen und die Dampfspannung sinken zu lassen.

Es macht einen gleich schlechten Eindruck, ob der Führer vor dem Bahnhofe liegen bleibt und von der Hülfsmaschine geholt werden muß, oder ob die Locomotive mit abblasenden Ventilen in den

Schuppen gestellt wird, oder ob sogar noch zu viel aufgegebener Brennstoff aus der Feuerkiste zu entfernen ist.

Der geschickte Locomotivführer erreicht fahrplanmäßig den Bahnhof, kommt mit hinreichendem Wasser im Kessel an (mindestens reicht es bis zum untersten Probirhahne), hat noch so viel Dampf, daß er Wagen aus- und einsetzen und schließlich auch den Kessel noch bis zum mittleren Wasserstand speisen kann.

Es ist schädlich, ohne oder bei wenigem Feuer in der Feuerkiste den letzten Rest Dampf zum Speisen des Kessels oder den Bläser zum Anfachen des letzten Restes Feuer zu benutzen, es stellt sich leicht ein Rinnen der Siederöhren ein.

Nachdem die Locomotive in Ruhe gestellt, also der Regulator schon geschlossen ist, läßt man den noch vorhandenen Dampf durch die Sicherheitsventile in's Freie oder durch die Speisevorrichtung in den Tender so lange entweichen, bis nur noch höchstens 2 Atmosphären Druck im Kessel verbleiben, scharrt das in der Feuerkiste noch vorhandene Feuer vor die Rohrwand, schließt die Aschklappen, stellt die Steuerung auf die Mitte, öffnet die Cylinderhähne und zieht die Tenderbremse an.

6. Die Dampfleitung.

Der mittlere Wasserstand im Locomotivkessel liegt etwa 200 mm über der Feuerkistendecke und um etwa $^1/_4$ des Kesseldurchmessers über der Kesselmitte. Da die mittlere Hälfte des Kessels einen größeren Rauminhalt hat als die beiden äußeren Viertel, so beträgt der Dampfraum nur etwa 19 $^0/_0$ vom Kesselraum.

Ein großer Dampfraum ist vortheilhaft, weil in ihm der Dampf vor der Abführung zu den Cylindern Zeit hat, das mit in die Höhe gestiegene Wasser fallen zu lassen, wodurch dem Spucken vorgebeugt wird; ferner ist die Dampfentwickelung bei einem großen Dampfraume weniger stürmisch, das Wasser braust nicht so sehr auf, weil

der Spannungsunterschied über und in dem Wasser bei Wegnahme eines Theiles Dampf kleiner ist.

Zur Vergrößerung des Dampfraumes haben die meisten Locomotiven eine überhöhte Feuerkiste und einen Dampfdom. In dem höchsten Punkte des letzteren mündet das Dampfrohr, welches den Dampf zu den Dampfcylindern führt. Es geht, wie Fig. 2, Taf. 1 zeigt, erst senkrecht hinunter bis in den Langkessel und von hier aus, mit einer rechtwinkeligen Biegung, nach der vorderen Rohrwand.

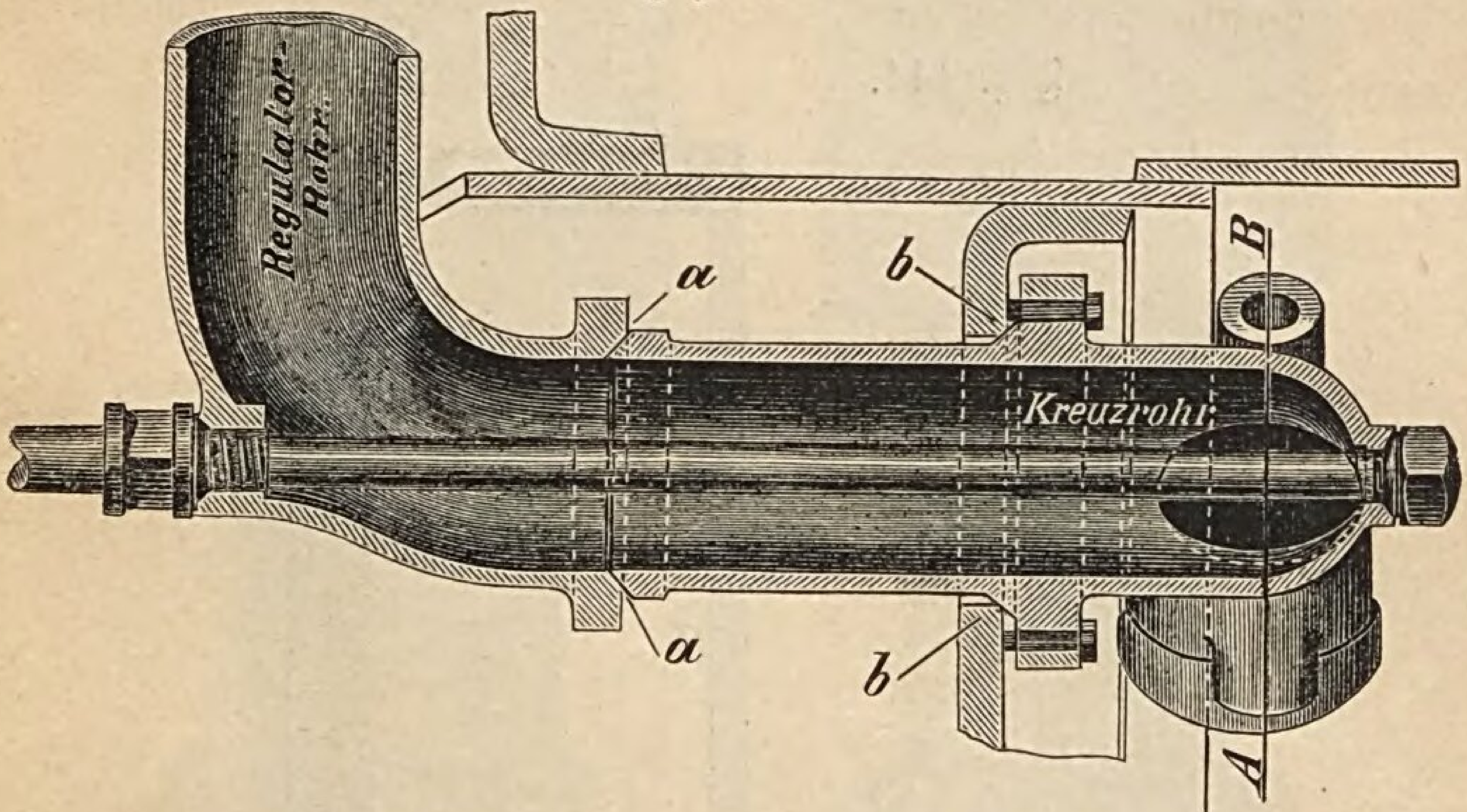
Es führt bis hierher den Namen Regulatorrohr. In der Rauchkammer gabelt es sich mittelst des Kreuzrohres, an das sich die beiden Einströmungsröhren schließen, welche den durch das Regulatorrohr einströmenden Dampf nach beiden Cylindern vertheilen.

Fig. 142 und 143 zeigen eine Anordnung und Verbindung des Regulatorrohres mit der vorderen Rohrwand und dem Kreuzrohr für die Dampfeinströmungsröhren. Das Kreuzrohr ist mit vier Schrauben an der Rohrwand befestigt, es ragt ein Stück weit in den Langkessel hinein. Die Dichtungen zwischen dem Regulatorrohr und Kreuzrohr bei a a, zwischen diesem und der Rohrwand bei b b und zwischen Kreuzrohr und Einströmungsrohr bei c c c c sind durch den Gußstücken angedrehte Linsen, und die Verbindungen, welche eine geringe Beweglichkeit zulassen, durch je nur eine Schraube hergestellt.

Im Dome trägt das Regulatorrohr den Regulatorkopf, dessen Einrichtung die Fig. 146 und 147 verdeutlichen. Er hat eine senkrechte, ebene Fläche mit mehreren Schlitzen (Spalten), auf der sich ein dampfdicht aufgeschliffener Schieber, ebenfalls mit Spalten, auf- und niederschieben läßt. Wenn die Spalten übereinanderstehen, so kann der Dampf durch das Regulatorrohr nach den beiden Einströmungsröhren und von diesen nach den beiden Schieberkasten und Cylindern abfließen, dagegen ist er abgeschlossen, wenn der Schieber um eine Spaltweite verschoben wird. Dieses Verschieben des Schiebers muß vom Stande des Locomotivführers aus geschehen können; es ist zu diesem Zwecke die ganze Regulatoreinrichtung wie folgt:

Fig. 2, Taf. 1. Von der Rückwand des Feuerbuchsmantels aus geht durch den Langkessel, über die Feuerkiste hinweg, die Regulatorwelle w w, welche in der Rückwand des Mantels in

Fig. 14'.



Schnitt *A-B*

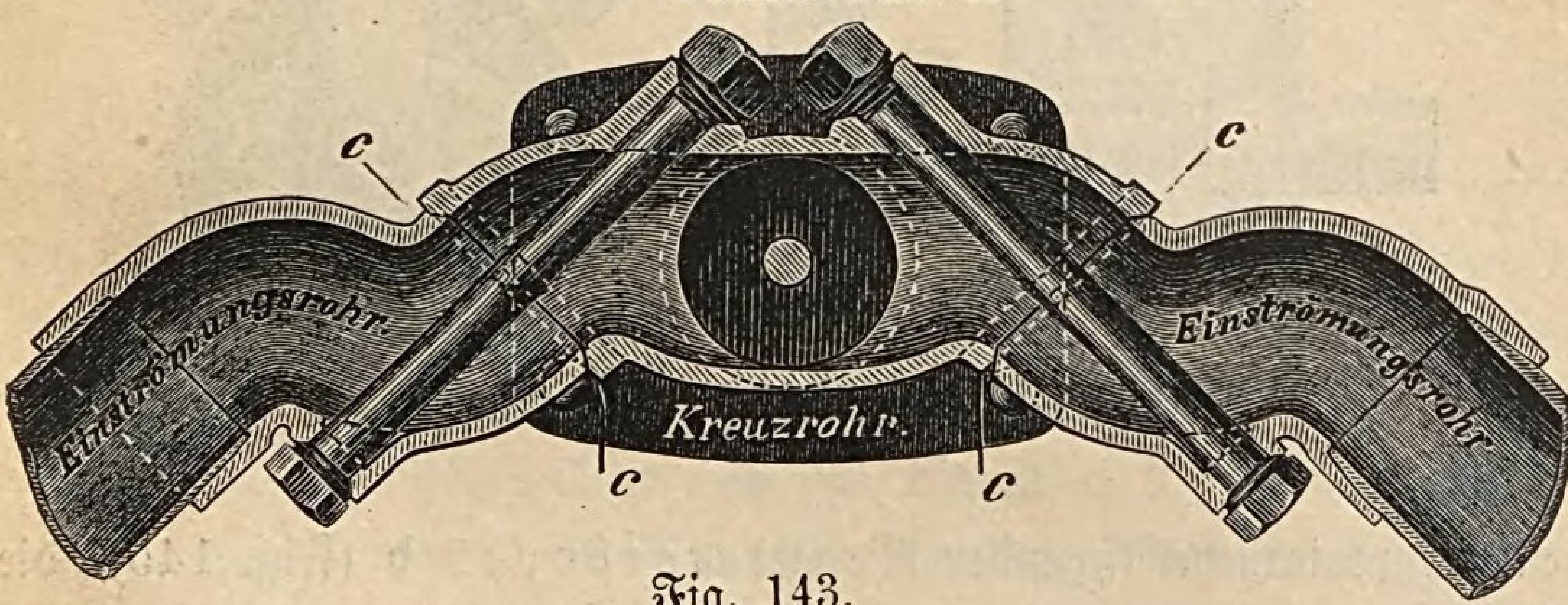
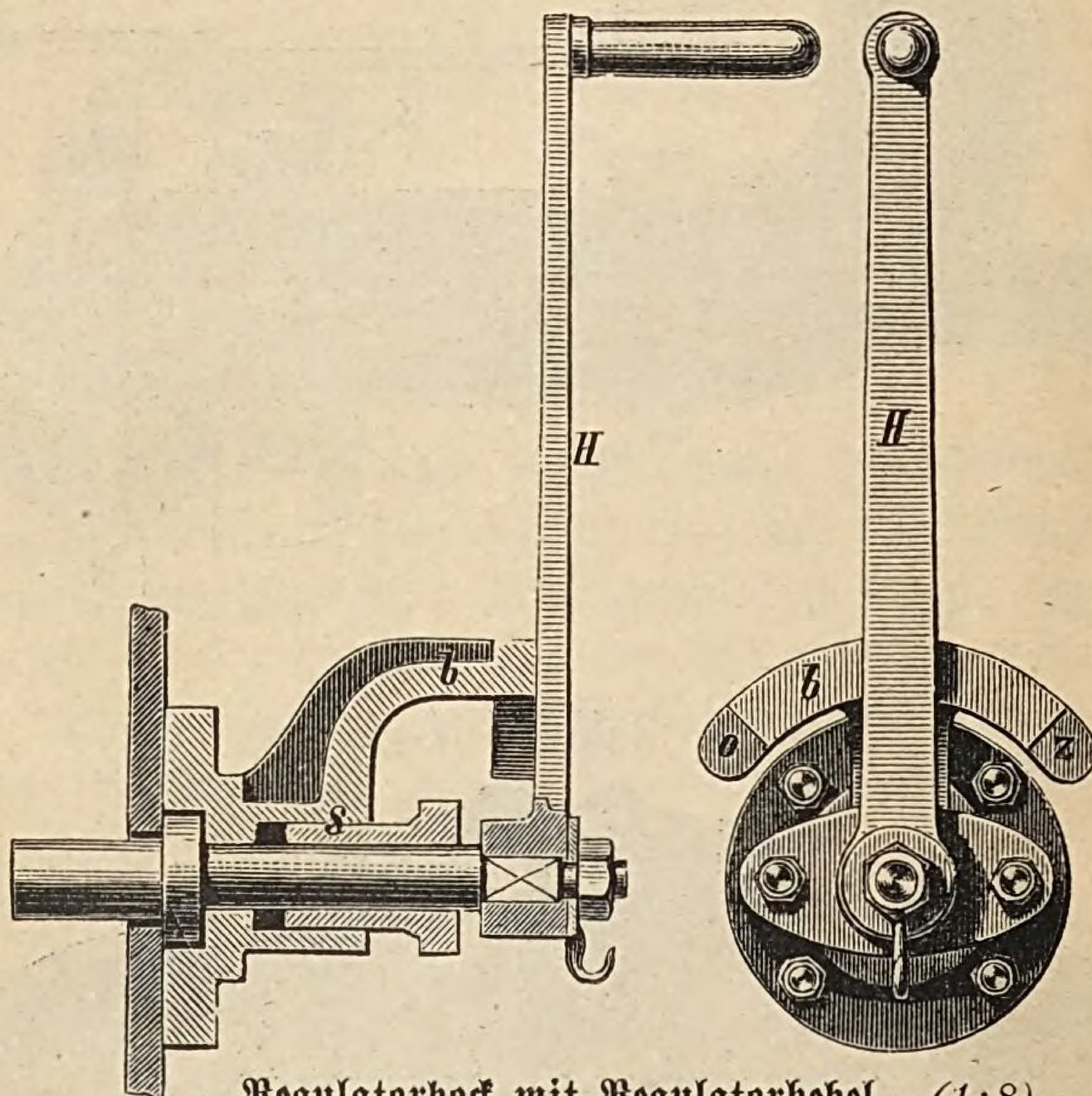


Fig. 143.
Regulator- und Kreuzrohr. *(1:10)*

einer Stopfbüchse s, Fig. 144, und am anderen Ende in einem Lager drehbar ist, das in der Biegung des Regulatorrohres bei B, Fig. 2, Taf. 1, liegt. Die Welle trägt eine kleine Kurbel, welche durch die Zugstange g mittelst Gabeln und Bolzen mit dem Regulatorschieber verbunden ist.

Indem die Regulatorwelle durch den Regulatorhebel H, Fig. 144 und 145, welcher vor der Rückwand des Mantels auf einem Vierkant der Regulatorwelle steckt, gedreht wird, gleitet der Schieber auf oder nieder. Durch zwei vorstehende Ansätze des hinter

Fig. 144. Fig. 145.



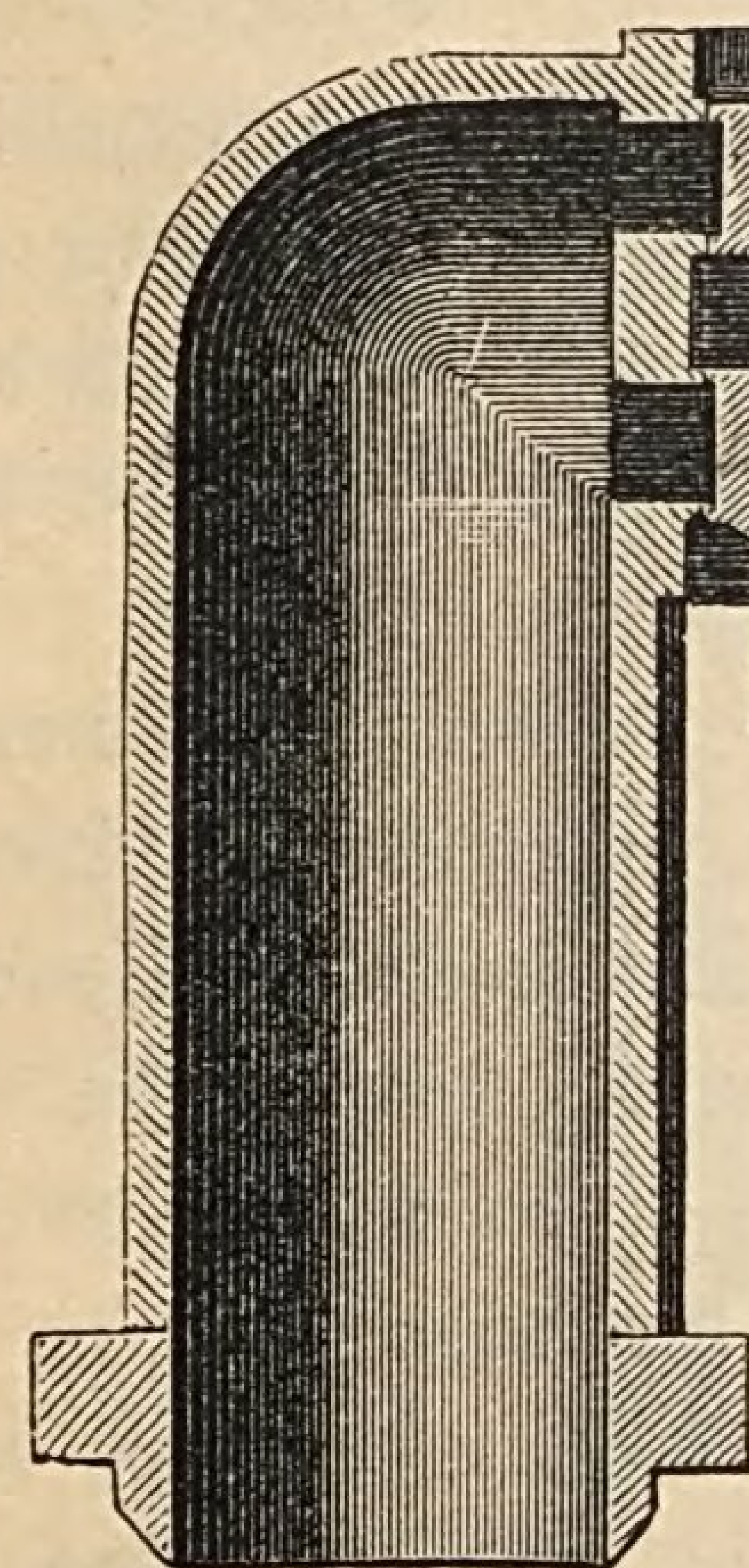
Regulatorbock mit Regulatorhebel. *(1:8)*

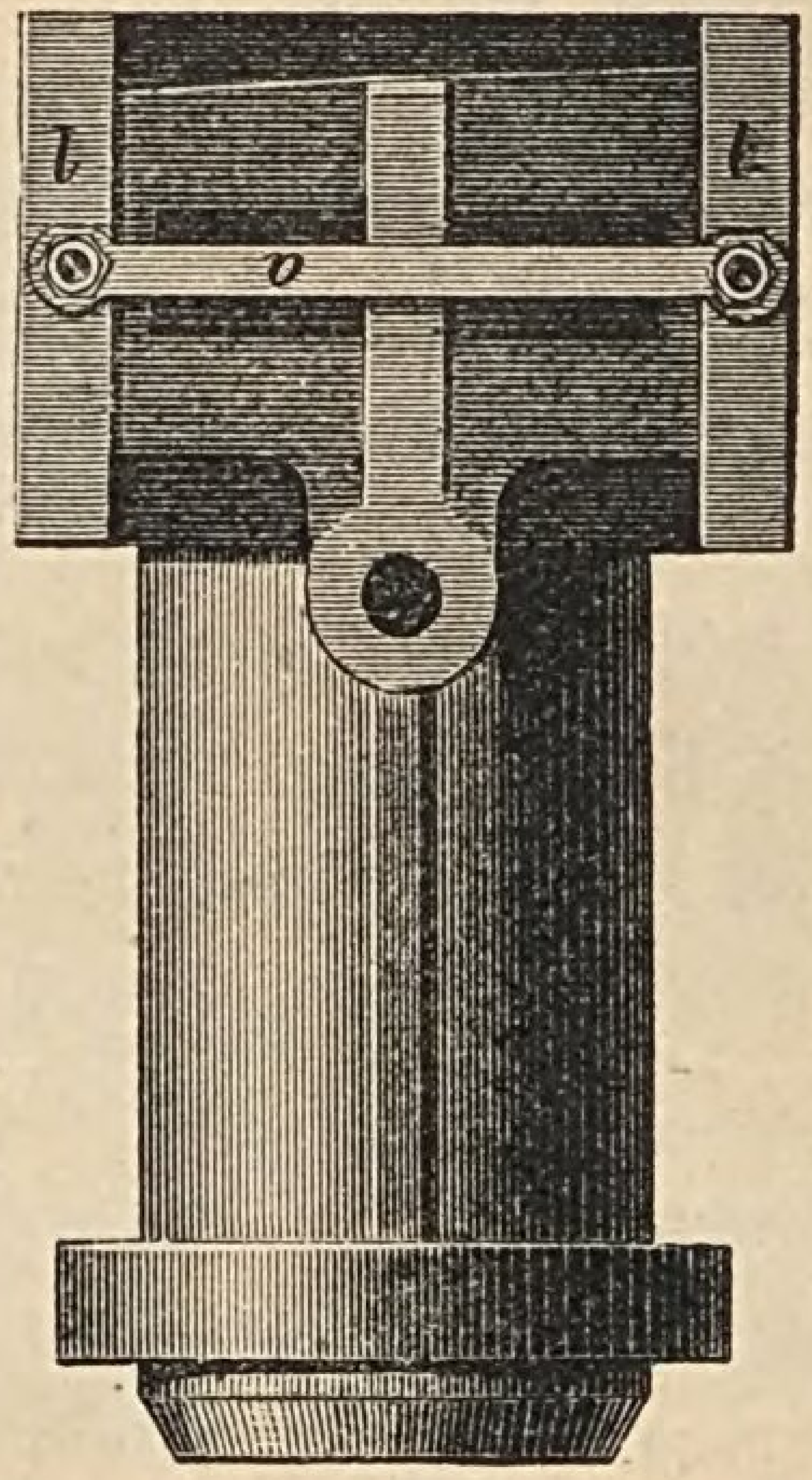
dem Regulatorhebel liegenden Regulatorbockes b (Fig. 145), die mit o und z (offen und zu) bezeichnet sind, ist die Drehung des Regulatorhebels und dadurch auch der Hub des Regulatorschiebers nach oben und unten begrenzt. Die Schiebervorrichtung nennt man kurz Regulator; durch ihn wird der Abfluß des Dampfes nach den Dampfcylindern geregelt.

Der Regulatorkopf (Fig. 146 und 147) hat an jeder Seite der ebenen Fläche eine vorstehende Leiste l, welche zusammen dem Schieber

als Führung dienen, so daß er seitwärts nicht ausweichen kann. Ueber den Rücken des Schiebers legt sich die Feder o, welche das

Fig. 146. Fig. 147.





Regulatorkopf mit Schieber. *(1:8)*

Zurückfallen verhindert, jedoch in Folge ihrer Federkraft zuläßt, daß sich der Schieber etwas von der Schieberfläche entfernen, man nennt es „abklappen", kann. Dieses ist deshalb nöthig: Wenn der Regulator geschlossen ist und die Steuerung in die der Fahrrichtung entgegengesetzte Richtung gelegt wird, so saugen die Dampfkolben Luft durch den Schornstein und die Dampfausströmungsröhren ein und pressen sie durch die Dampfeinströmungsröhren in das Regulatorrohr und, wenn der Schieber abklappen kann, in den Kessel. Könnte der Schieber nicht etwas von der Schieberfläche sich entfernen, so würde das Regulatorrohr gesprengt werden, weil sich in diesem die eingesogene Luft zusammenpressen müßte. Auch im Kessel nimmt die Spannung durch die eingepreßte Luft zu, jedoch erreicht, wegen des größeren Rauminhaltes desselben, die Spannung nicht sehr bald eine gefährliche Höhe. Es ist einzusehen, daß man nicht

auf unbegrenzte Zeit (um z. B. den Zug zum Halten zu bringen), bei der Fahrrichtung entgegengesetzt gelegter Steuerung, Dampf (Gegendampf) geben kann, da die eingepreßte Luft sonst schließlich den Kessel sprengen würde.

Bei ganz geöffnetem Regulator soll der Gesammtquerschnitt gleich $^1/_{20}$ der Kolbenfläche sein. Man giebt der Schieberfläche mehrere Spalten, damit der Hub des Schiebers nicht sehr groß zu sein braucht; je kleiner nämlich dieser ist, um so kürzer kann die Kurbel der Regulatorwelle und die Drehung des Regulatorhebels sein.

Da beim gleichzeitigen Oeffnen aller Spalten der Dampfzufluß zu den Cylindern und dadurch die Ingangsetzung der Locomotive zu plötzlich vor sich gehen würde, so versetzt man die Spalten des Schiebers und die der Schieberfläche etwas gegeneinander, so daß bei geschlossenem Regulator die Spalten in der Fläche verschiedene Ueberdeckung haben; sie öffnen sich dann der Reihe nach, der Dampf fließt allmählich in die Cylinder und setzt Maschine und Zug vorsichtig in Bewegung. Die allmähliche Oeffnung wird in anderer Weise dadurch erreicht, daß man den Schieber oben etwas schräg abschneidet, wie dieses in Fig. 147 gezeichnet ist.

Der Regulator wird durch die Oeffnung des Ventiles, oder besser durch einen in die Decke des Domes eingeschraubten Schmierhahn mit anschließendem Kupferrohre geölt.

Es ist gut, nach Beendigung der Fahrt eine Zeitlang zur Reinigung Dampf durch das Schmiergefäß strömen zu lassen, damit beim demnächstigen Gebrauche die Schmiere gut durchläuft. Ein Ueberschuß an Oel ist zu vermeiden, weil solches, auf dem Wasser im Kessel schwimmend, dem Spucken Vorschub leistet.

In Folge des großen Dampfdruckes, welcher auf dem Schieber lastet, ist die Handhabung desselben oft schwierig, insbesondere, wenn sich Schlamm darauf abgesetzt hat; es sind deshalb in neuerer Zeit diese einfachen Regulatoren mehr außer Gebrauch gekommen und solche, wie der in Fig. 148, 149 und 150 gezeichnete, üblich. Auf dem Rücken des Hauptschiebers S liegt zwischen zwei vorstehenden

Rippen ein kleiner Hülfsschieber s, Fig. 149 zeigt dieses am deutlichsten, dessen Reibung wegen der kleineren Fläche nicht bedeutend ist, welcher sich daher leicht niederziehen läßt. Beim Drehen des Regulatorhebels macht dieser kleine Schieber zuerst allein einen kleinen Hub und zwar, bis die oben vorstehende Nase n (Fig. 148) auf den Hauptschieber stößt. Zwei kleine Schlitze a a in jedem Schieber stehen alsdann übereinander, und kann etwas Dampf in das Regulatorrohr fließen, in welchem dann eine Dampfspannung entsteht, welche von innen gegen den Hauptschieber drückt, ihn zum Theil entlastet, in Folge dessen er bedeutend leichter verschiebbar ist. Wenn der Regulatorhebel weiter gedreht wird, so nimmt die Nase des Hülfsschiebers den Hauptschieber mit und öffnet ihn. Unten hat der erstere ebenfalls eine Nase n, welche beim Schließen den Hauptschieber in die Höhe schiebt.

Fig. 148.

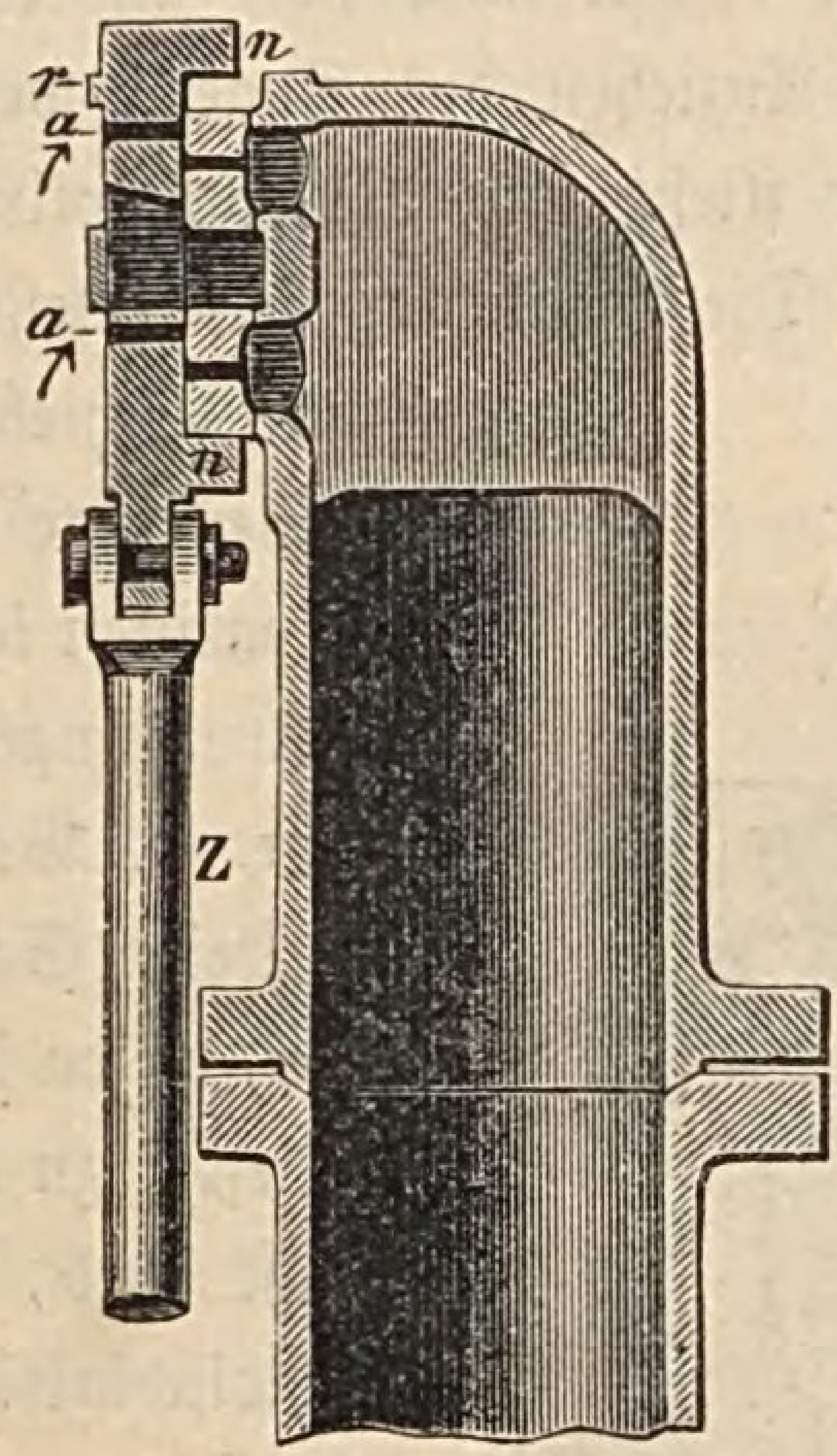
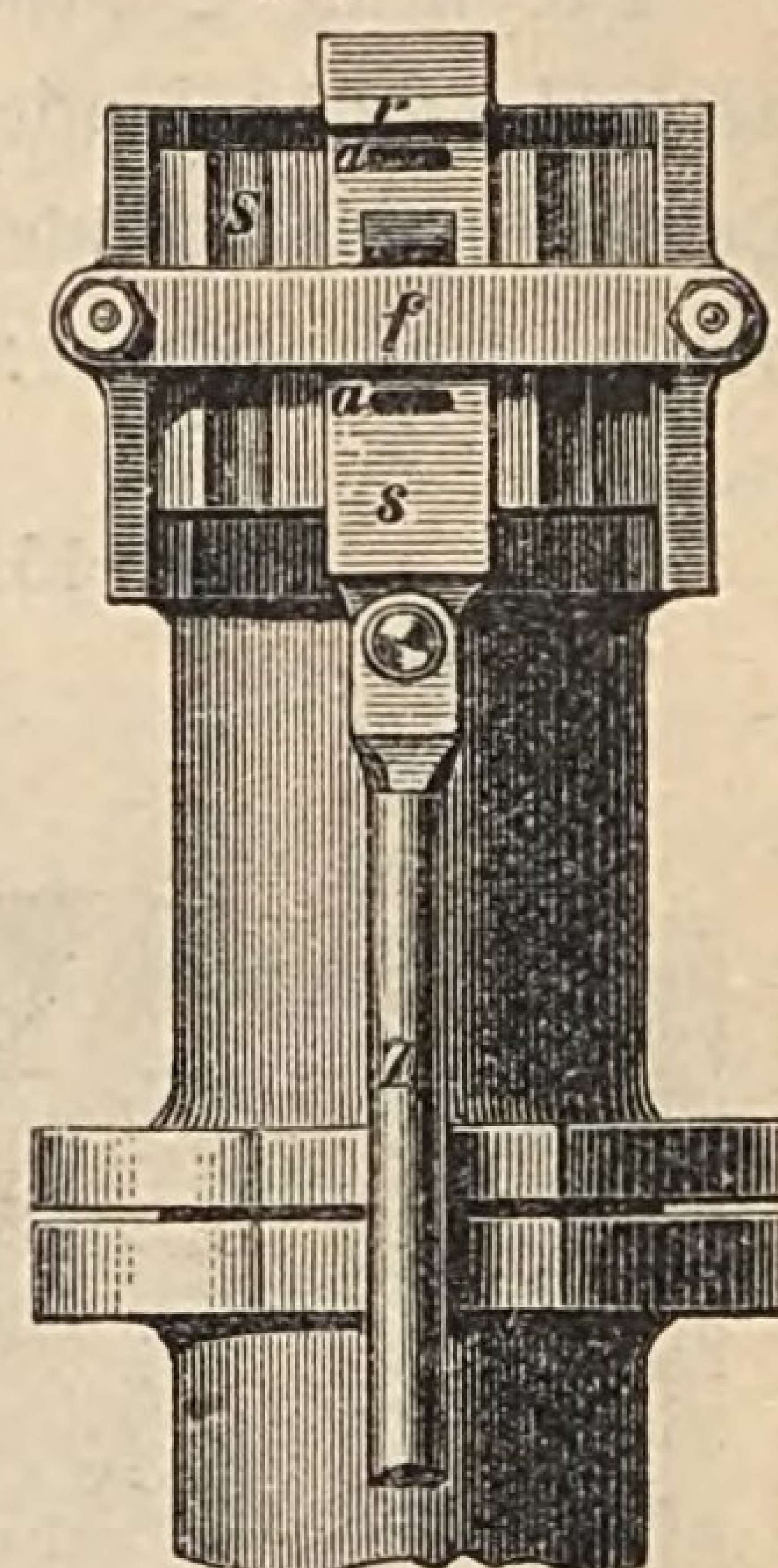


Fig. 149.



(1:8)

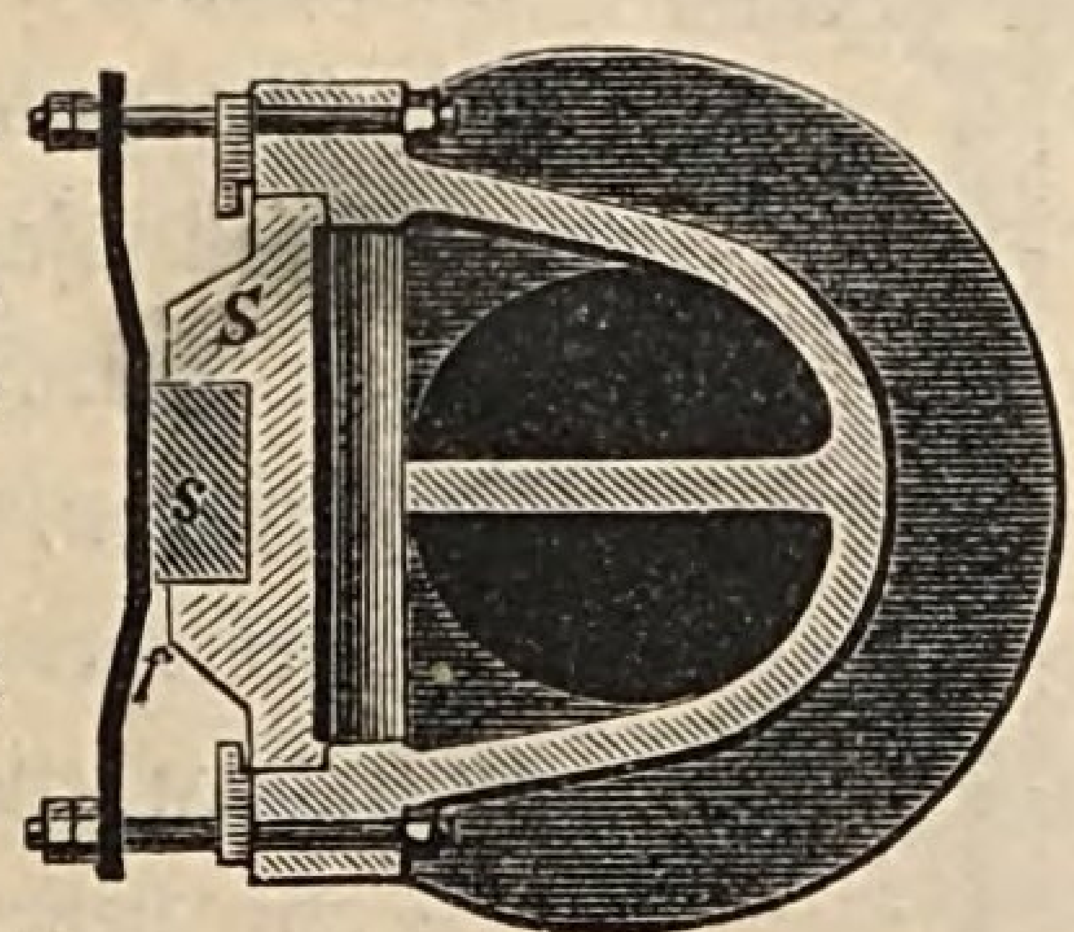


Fig. 150.

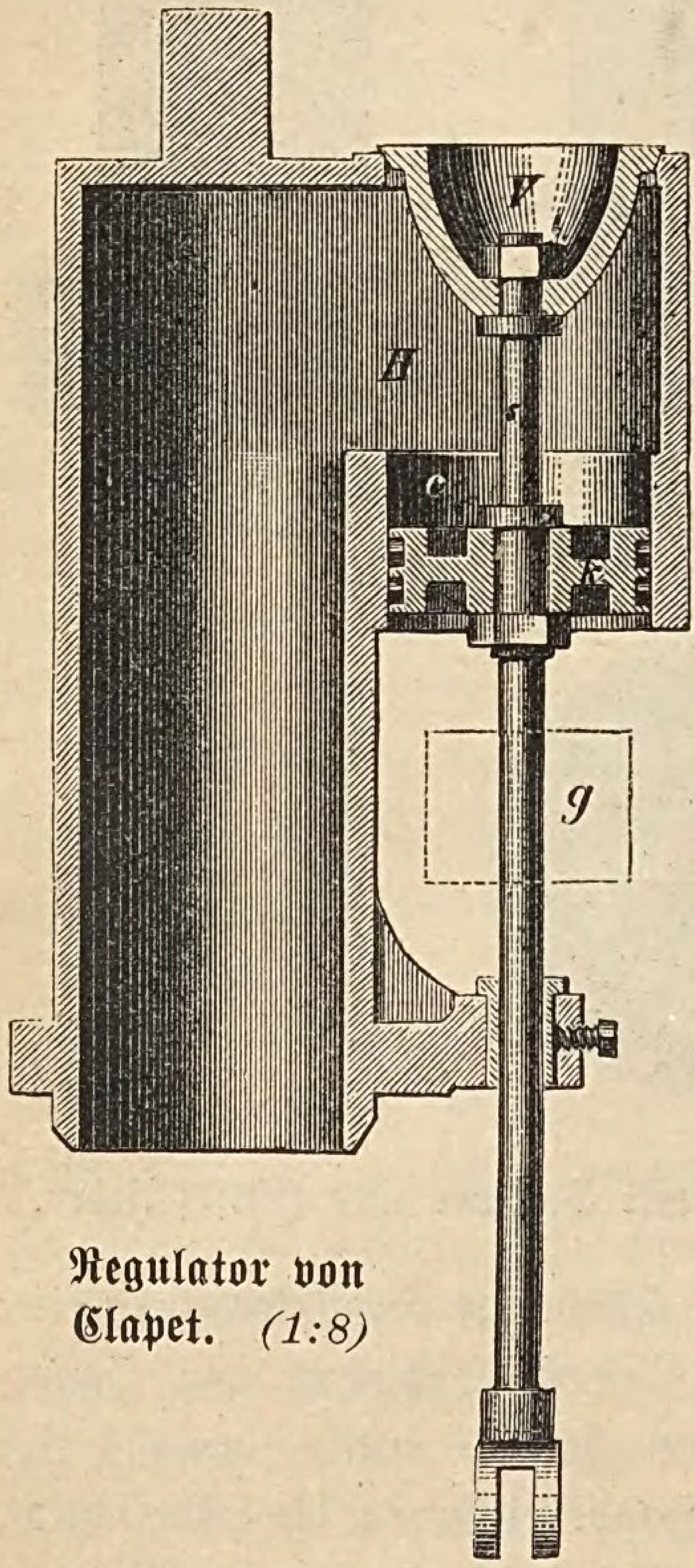
Regulatorkopf mit Schieber und Hülfsschieber.

Der Rücken des kleinen Schiebers hat die vorstehende Rippe r, mit welcher er auf die übergelegte Feder f stößt, wenn der große

Schieber ganz geöffnet hat; sie begrenzt also den Hub. Der Hülfsschieber ist durch die Zugstange Z mit der Kurbel der Regulatorwelle verbunden.

Der kleine Schieber erfüllt noch zwei andere Zwecke: einmal ermöglicht er das sanfte Anziehen des Zuges, weil zuerst nur wenig Dampf in die Cylinder fließt und die Locomotive in allmähliche Bewegung setzt. Ferner: Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Cylinder- und Schieberflächen, sowie die Kolbenringe und Schieber dann am meisten leiden, wenn die Locomotive längere Zeit ohne Dampf läuft, z. B. auf der Thalfahrt; der kleine Schieber dient nun auch dazu, diesen Theilen so viel Dampf zufließen zu lassen, daß sie immer feucht sind, ohne daß die Geschwindigkeit durch die geringe Dampfmenge merkbar größer wird. An Maschinen mit Regulatoren ohne Hülfsschieber findet sich zu diesem Zwecke oft ein besonderer Dampfhahn, welcher geöffnet durch Kupferrohre den Schiebern und Cylindern etwas Dampf zuführt.

Fig. 151.



Regulator von Clapet. *(1:8)*

In neuerer Zeit sind Regulatoren angewandt, bei welchen der Schieber durch ein Ventil ersetzt ist. Fig. 151 zeigt einen solchen von Clapet. Das Gehäuse H hat oben einen Ventilsitz mit Ventil V, das durch die Stange s mit dem Kolben k verbunden ist, welcher in dem cylindrischen Theile c des Kopfes durch zwei

Kolbenringe dampfdicht geführt wird. Die Stange verlängert sich unter den Kolben und wird in einem Messinglager geführt. An die Stange schließt sich die Zugstange, welche ihrerseits mit der Kurbel der Regulatorwelle verbunden ist.

Wenn das Ventil und der Kolben einen gleich großen Durchmesser haben, so ist der Dampfdruck auf beiden Seiten gleich, und braucht man, um das Ventil zu heben, also um den Regulator zu öffnen, nur die Reibung der Kolbenringe, der verschiedenen Bolzen, der Regulatorwelle in der Stopfbüchse, sowie die in dem Lager an dem anderen Ende zu überwinden, wogegen die des Schiebers, welche bei weitem die größte ist, ganz wegfällt. Damit beim Stillstande der Maschine das Ventil sicher niedergezogen wird, also der Regulator fest geschlossen ist, kann man die Kolbenstange mit einem Gewicht g belasten, welches jedoch entbehrlich wird, wenn man den Durchmesser des Ventils etwas größer als den des Kolbens macht. Der Druck auf das Ventil ist dann größer als der auf den Kolben, es wird das geschlossene Ventil fest auf den Sitz gepreßt. Das geöffnete Ventil hat Neigung niederzusinken, also der Regulator wird sich selbstthätig schließen; um dieses zu verhindern, ist am Regulatorhebel und dem Bocke eine Sperrung angebracht, welche den Regulatorhebel und damit das Ventil in jeder Stellung festhält.

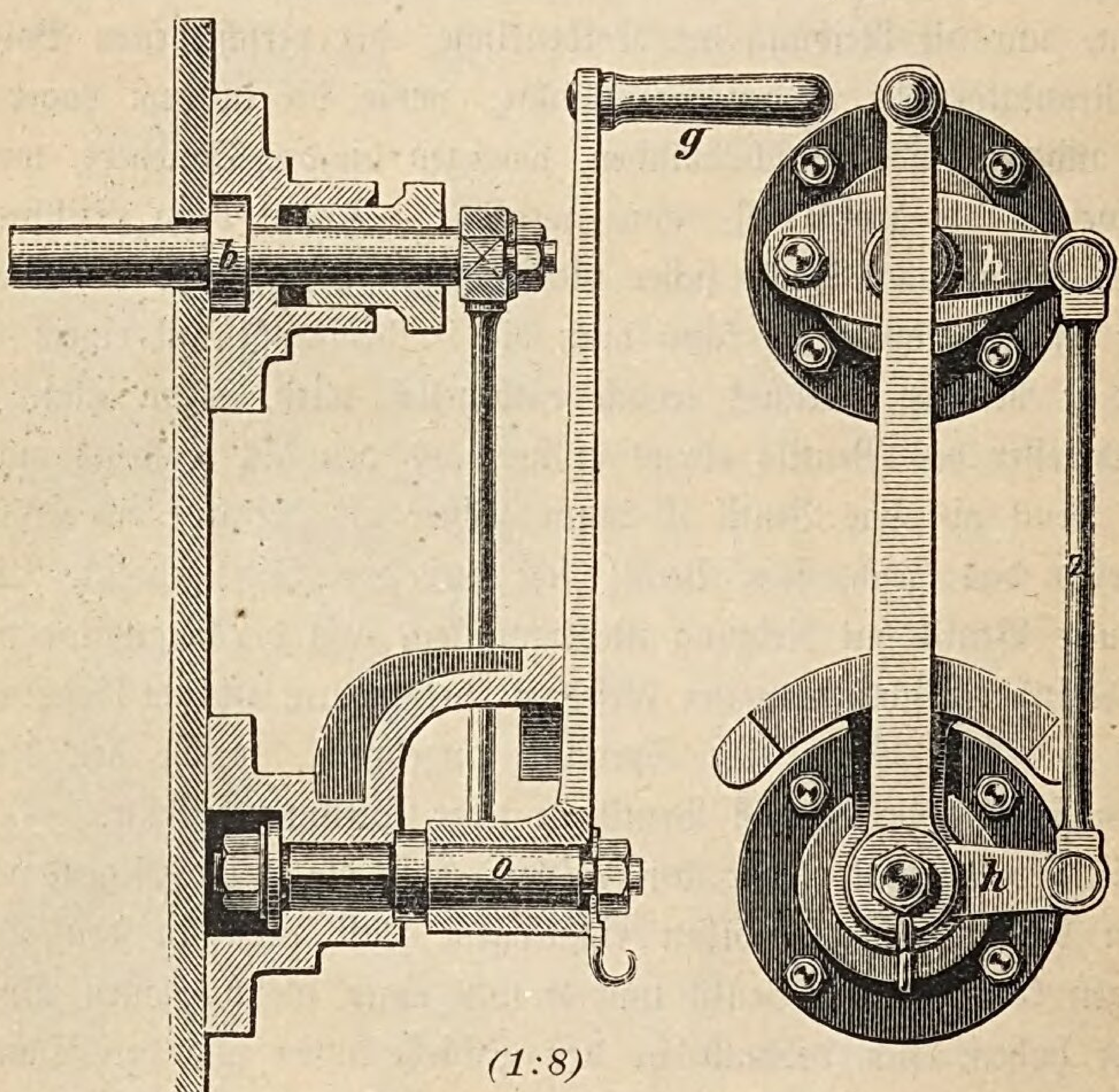
Dieser Regulator hat den Fehler, daß die beim Gegendampfgeben von den Dampfkolben eingesogene Luft nicht in den Kessel dringen kann, wenn Ventil und Kolben einen gleich großen Durchmesser haben, sich deshalb in den Schieberkästen und den Dampfzuleitungsröhren zusammenpressen muß; es liegt der Fall vor, daß bei einer solchen Gelegenheit ein Schieberkasten abgesprengt wurde.

Andere weniger einfache Regulatoren übergehen wir. Schieberregulatoren mit Hülfsschieber (Entlastungsschieber) erfüllen vollkommen ihren Zweck.

Wenn die Regulatorwelle sehr hoch liegt, z. B. wenn sie über die querliegenden Deckenanker geführt ist, so liegt der Griff des Regulatorhebels auch sehr hoch und für klein gewachsene Locomotiv=

führer unbequem. Fig. 152 und 153 zeigen, wie diesem Uebelstande abgeholfen wird. Der Drehpunkt o des Regulatorhebels ist so tief gelegt, daß der Griff g desselben dem Führer bequem zur Hand ist. Die Drehung desselben ist durch die beiden Hebel h h und durch die Zugstange z auf die Regulatorwelle übertragen.

Fig. 152. Fig. 153.



(1:8)

Regulatorbock mit Regulatorhebel.

Der Locomotivführer behält nicht die volle Gewalt über die Maschine, wenn er durch Drehung des Regulatorhebels den Regulatorschieber nicht oder nicht vollständig mehr bewegen kann, es ist deshalb allen Theilen der ganzen Regulatorvorrichtung die größte Aufmerksamkeit zu schenken und Folgendes besonders zu beachten: der Regulatorschieber ist an jedem Ruhetage zu ölen, damit er immer

leicht beweglich ist; es kommt vor, daß die Regulatorwelle in sich gedreht wird, wenn der Schieber zu schwer geht und am Regulatorhebel zu große Kraftanstrengung (vielleicht von Führer und Heizer vereint) nöthig wird; die kleine Kurbel bekommt alsdann zum Regulatorhebel eine falsche Stellung, und der Regulator ist vielleicht nicht geschlossen, wenn auch der Hebel auf „z" (zu) steht.

Die Regulatorwelle darf sich nicht in ihren Lagern verschieben können: wenn sie an dem im Kessel liegenden Ende ihre Führung verliert, so fällt sie herunter und nimmt den Schieber mit; die Welle ist deshalb mit einem Bunde b versehen (Fig. 152), welcher die Verschiebung hindert.

Die Bolzen in den Gabeln müssen mit ordentlichen Vorlegescheiben und kräftigen Splinten versehen sein; schneidet sich ein Splint ab, und der Bolzen fällt aus der Gabel, so ist der Regulatorschieber ohne jede Verbindung mit der Regulatorwelle und deren Hebel, der Führer in Folge dessen ohne Einfluß auf den Dampfabfluß.

Wenn dieser Fall eintritt, und der Regulator dabei geöffnet ist, so kann der Führer durch die Steuerung den Dampf von den Cylindern abhalten, indem er den Steuerungsschieber auf die Mitte stellt. Bei Schraubensteuerungen hat die Handhabung der Steuerung auch bei geöffnetem Regulator keine Schwierigkeit, der Führer kann ohne Bedenken den Zug, indem er „mit der Steuerung fährt", bis zur nächsten Station befördern, wo er eine Hülfsmaschine antrifft. Es ist jedoch zunächst anzuhalten, um die Bremser dahin anzuweisen, daß sie die Bremsen mit Vorsicht und kräftig bedienen müssen.

Wenn unglücklicherweise bei offenem und nicht zu schließendem Regulator auch die Steuerung schadhaft werden sollte und eine solche Lage hat, daß die Maschine in Bewegung bleiben muß, so erübrigt nur, das Nothsignal zum schleunigen Bremsen zu geben, die Speisepumpen in Thätigkeit zu setzen, die Ventile zu lüften und das Feuer aus der Feuerkiste möglichst schnell zu entfernen oder durch Wasser

auszulöschen. Wenn die Rauchkammerthür geöffnet wird, so hat der dem Exhaustor entströmende Dampf keine Wirkung auf das Feuer, und tritt alsbald eine Abnahme der Dampfspannung ein. Der Zug muß selbstredend von der Stelle, wo er zum Halten kommt, von einer Hülfsmaschine geholt werden.

Die Hauptaufgabe bei Einrichtung der Dampfleitung ist die, das Wasser von der Dampfzuführung abzuhalten. Wasser, welches mit dem Dampfe in die Cylinder und von diesen durch die Ausströmungsröhren und den Schornstein in's Freie gelangt, nennt man übergerissenes Wasser, man sagt, die Maschine spuckt, speit oder priemt. Diese unangenehme Erscheinung wird bei derselben Maschine um so eher eintreten, je höher der Kessel auf Kosten des Dampfraumes mit Wasser gefüllt ist. Es liegt nämlich alsdann der Wasserspiegel der Ausflußöffnung für den Dampf näher, und wird das bei dem kleineren Dampfraume stürmisch aufbrausende Wasser von dem Regulator aufgeschluckt.

Sobald der Führer merkt, daß diese Erscheinung eintritt, also die Maschine zu spucken anfängt, hat er schleunigst die Cylinderhähne zu öffnen, damit das Wasser aus diesen abfließen kann; unterläßt er dieses, so wird die Maschine und die Umgebung verunreinigt, und können auch die Dampfkolben und Cylinder leiden. Das Wasser ist nämlich fast nicht zusammenpreßbar und wirkt deshalb zwischen Kolben und Cylinderdeckel wie ein harter Körper, wenn es den Raum zwischen beiden ausfüllt.

Bei dem großen Drucke von 100 Atmosphären lassen sich 200 Raumtheile Wasser auf 199 zusammendrücken, so daß man für gewöhnlich annehmen kann, daß das Wasser nicht zusammenpreßbar ist.

Außerdem geht das übergerissene Wasser und damit die Kohlenmenge, welche zu seiner Erhitzung diente, unbenutzt verloren; mit dem Wasser gelangt auch Schlamm in die Schieberkästen, Cylinder, Stopfbüchsen ꝛc., welcher auf diese Theile einen schädlichen Einfluß ausübt.

Der Führer muß versuchen, die Locomotive stets mehr bei mittlerem, als bei hohem Wasserstande arbeiten zu lassen, insbesondere, wenn die Maschine das hohe Wasser nicht „verträgt“. Dazu ist allerdings nöthig, daß er Geschick hat, das Feuer ordentlich zu regeln, und ihm ein Brennstoff zu Gebote steht, mit dem er in nicht zu langer Zeit die höchste Wirkung erzielen kann.

Er ist dann nicht genöthigt, bei dem Halten auf den Bahnhöfen über den mittleren Wasserstand einen Vorrath von Wasser (gewissermaßen zur Aushülfe) in den Kessel zu pumpen.

Man läßt den Dampf auf Umwegen zum Regulator treten, weil auf dem kürzesten Wege leichter auch Wasser in den Regulator gelangt. Der Dom ist durch eine durchlöcherte Platte, Fig. 2, Taf. 1, von dem Kessel abgeschlossen, die größere Wassermassen zurückhält. Außerdem läßt man den Dampf oft durch ein mit einer Haube versehenes Rohr in den Dom treten; das übergerissene Wasser prallt an der Haube ab und fällt in den Kessel zurück.

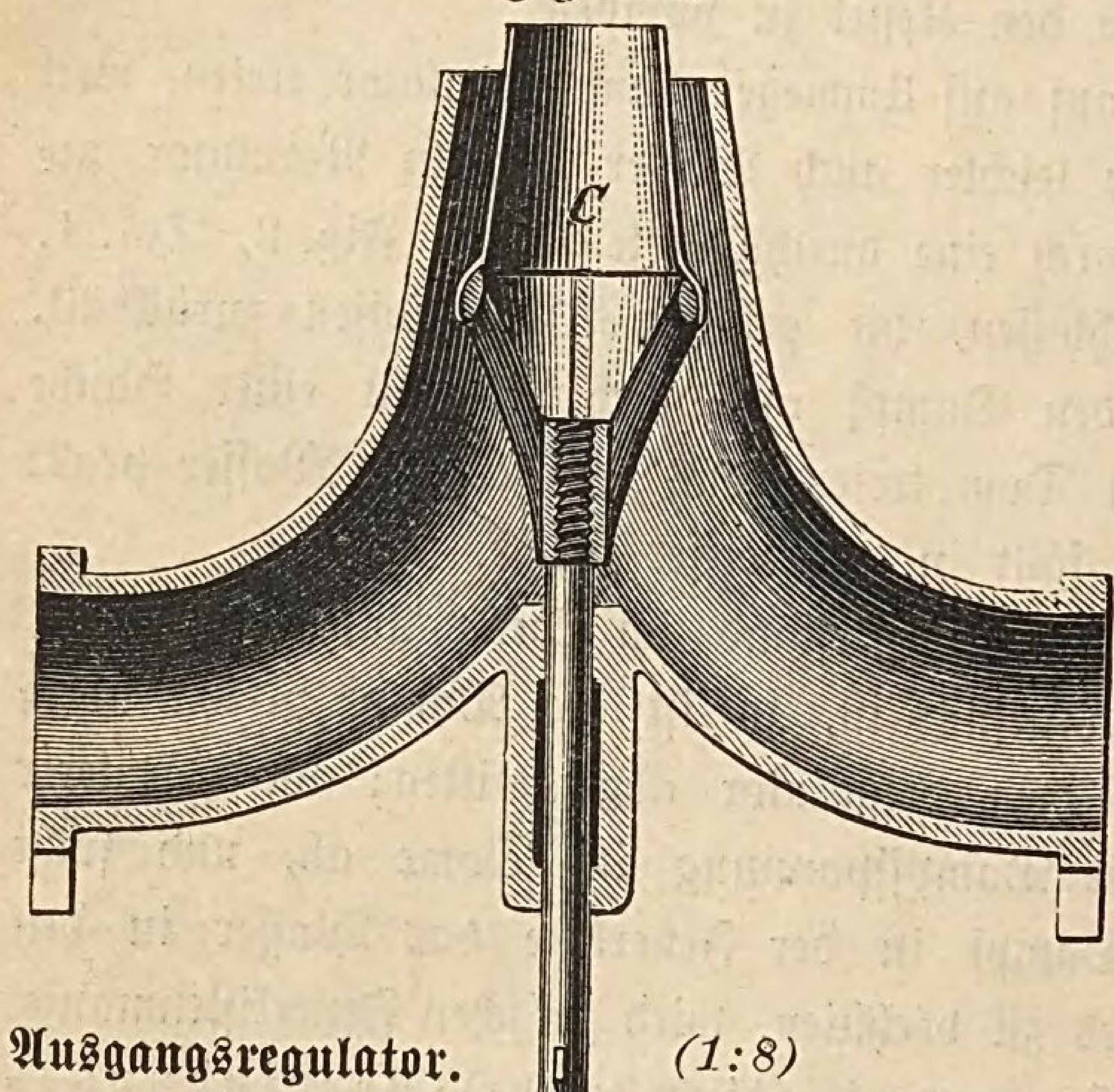
Denken wir uns den Wasserstand im Locomotivkessel so hoch, daß der Langkessel ganz gefüllt ist, so ist der Dampf in der überhöhten Feuerkiste von dem Regulator abgeschnitten; wird letzterer geöffnet, so nimmt die Dampfspannung im Dome ab, und sucht der höher gespannte Dampf in der Feuerkiste das Wasser in den Dom zu heben. Dieses zu verhüten, wird zwischen Feuerkistenmantel und Dampfdom ein (Communicationsrohr) Verbindungsrohr, Fig. 2, Taf. 1 (punktirt), angebracht, welches auch bei ganz gefülltem Langkessel Dampf von der Feuerkiste nach dem Dome leitet, also die Spannungen ausgleicht. Dieses Rohr erfüllt gleichzeitig noch den Zweck, daß auch bei niedrigem Wasserstande der zum Regulator geleitete Dampf an zwei Stellen und, wenn das Rohr oben Schlitze hat, an mehreren Stellen entnommen wird, wodurch das stürmische Aufbrausen des Wassers, welches besonders unter dem Regulator schädlich ist, verhindert wird.

Man legt das Verbindungsrohr auch oberhalb des Langkessels zwischen Dampfdom und Feuerbuchsmantel und versieht es in diesem

Falle, wie auch den Kessel, mit einer die Wärme schlecht leitenden Umhüllung. Ein in dieser Weise angebrachtes Rohr vergrößert um seinen Inhalt den Dampfraum und hat keine tiefer liegenden Biegungen, in welchen sich Wasser ansammeln kann.

Der in den Dampfcylindern gebrauchte Dampf gelangt durch die Dampfkanäle und die Schieberhöhlung in die Ausströmungsröhren A A, Fig. 2 und 3, Taf. 1; zwischen der oberen Sieberöhrenreihe und der Schornsteinmündung vereinigen sich diese beiden Röhren zu dem Ausgangsregulator oder Exhaustor B. Er hat eine conische Form (kegelförmig) und heißt deshalb in der Führersprache auch Conus. Seine Mündung muß höher als die obersten Sieberöhren liegen, da er saugend auf die heißen Gase derselben einwirken soll. Die Lage in der Rauchkammer zeigen Fig. 4 und 5, Taf. 1. Bei dem Kapitel „Regelung des Feuers" ist über die Wirksamkeit des Exhaustors gesprochen worden. Man unterscheidet solche mit „festem" und mit „veränderlichem" Querschnitte.

Fig. 154.



Ausgangsregulator. *(1:8)*

Einen Exhaustor ersterer Art zeigen Fig. 2 und 3, Taf. 1, B, einen solchen mit veränderlichem Querschnitte die Fig. 154. Der Exhaustor ist in der Zeichnung verengt dargestellt; wird das kegelförmige Stück C heruntergezogen, so erweitert sich die Mündung. Durch eine Zugstange, welche nach der Rauchkammer führt, und eine

anschließende Hebelverbindung ist die Verstellbarkeit vom Führerstande aus ermöglicht.

7. Die Dampfpfeife.

Wenngleich durch elektrische Signale (Glockensignale) dem Bahnbewachungspersonale und dem benachbarten Bahnhof angezeigt wird, daß eine Locomotive oder ein Zug die Strecke befährt und auf dem Bahnhofe eintreffen wird, so bleibt es doch nöthig, daß der Locomotivführer ein Mittel an der Hand hat, der Umgebung anzuzeigen, daß sich die Locomotive oder der Zug in Bewegung setzen wird oder sich nähert. Auch müssen dem Zugpersonale (den Bremsern), welche durch die Bremsen an der Regelung der Geschwindigkeit des Zuges thätig Theil nehmen sollen, bestimmte Anweisungen gegeben werden können, in welcher Weise sie unter den augenblicklich vorliegenden Umständen von den Bremsen Gebrauch machen sollen. Auf den Bahnhöfen endlich ist es für den Locomotivführer bequem, die zur Hülfeleistung nöthigen Arbeiter, die nicht in unmittelbarer Nähe sind, von der Maschine aus „heranlocken" zu können. Durch die Dampfpfeife der Locomotive erreicht der Locomotivführer obige Zwecke und zwar durch hörbare Signale (Hörsignale).

Fig. 155.

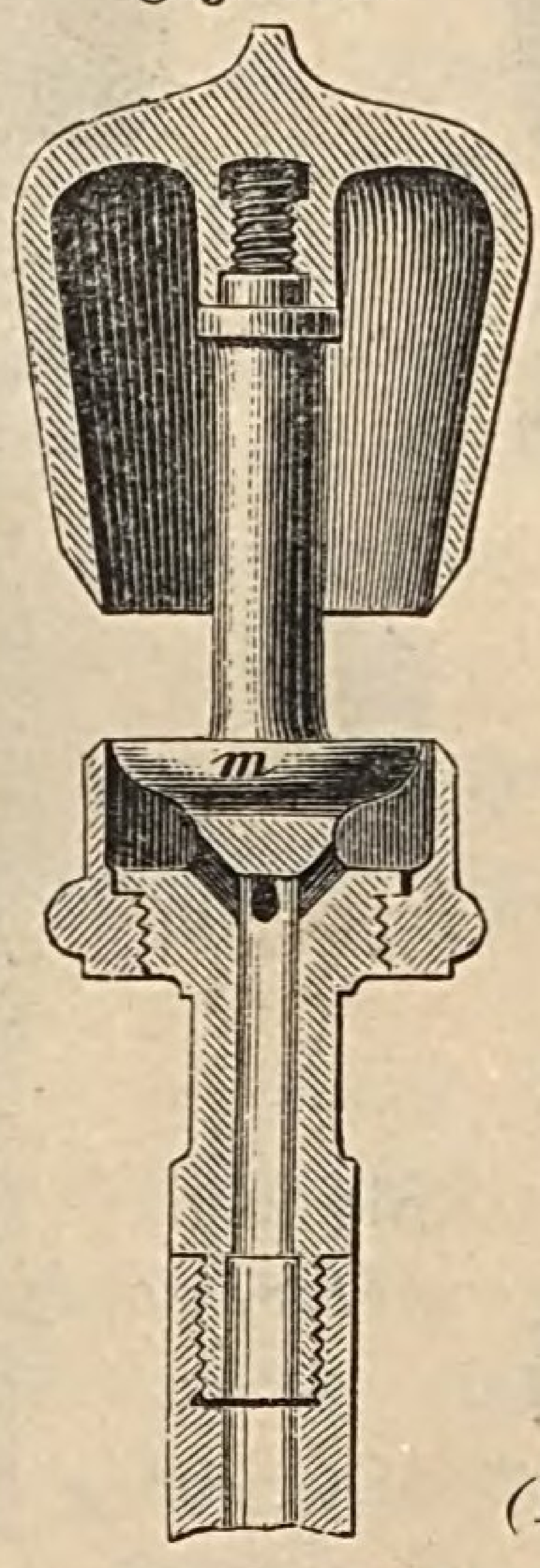
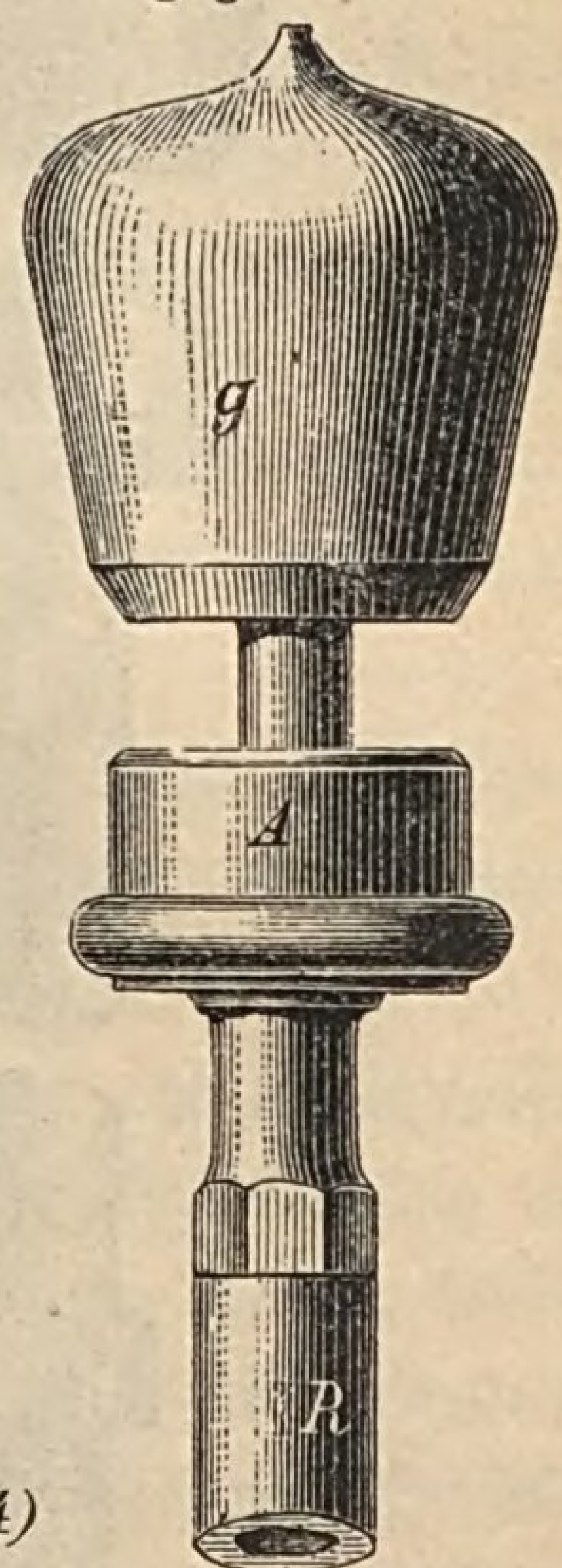


Fig. 156.



(1:4)

Dampfpfeife.

Die Einrichtung einer Dampfpfeife ist aus nebenstehender Fig. 155 und 156 ersichtlich. Ein messingenes Rohr R, welches dem Führer bequem zur Hand in dem

Dampfraume des Kessels eingeschraubt ist, reicht bis über die Verdachung der Locomotive, wo es sich zu einem runden, hohlen Ansatze A erweitert. In demselben liegt das unten mit Schlitzen versehene Stück m, und zwar so, daß ringsum ein schmaler Spalt bleibt. Unten ist das Pfeifenrohr nach dem Dampfraume hin durch einen Hahn geschlossen, wie dieses Fig. 112 zeigt. Wird der Hahn geöffnet, so tritt der Dampf aus der ringförmigen Spalte und trifft den scharf gedrehten Rand der Glocke g, welche dadurch in schnelle Schwingungen mit dem bekannten weittragenden Ton versetzt wird.

Fig. 157.

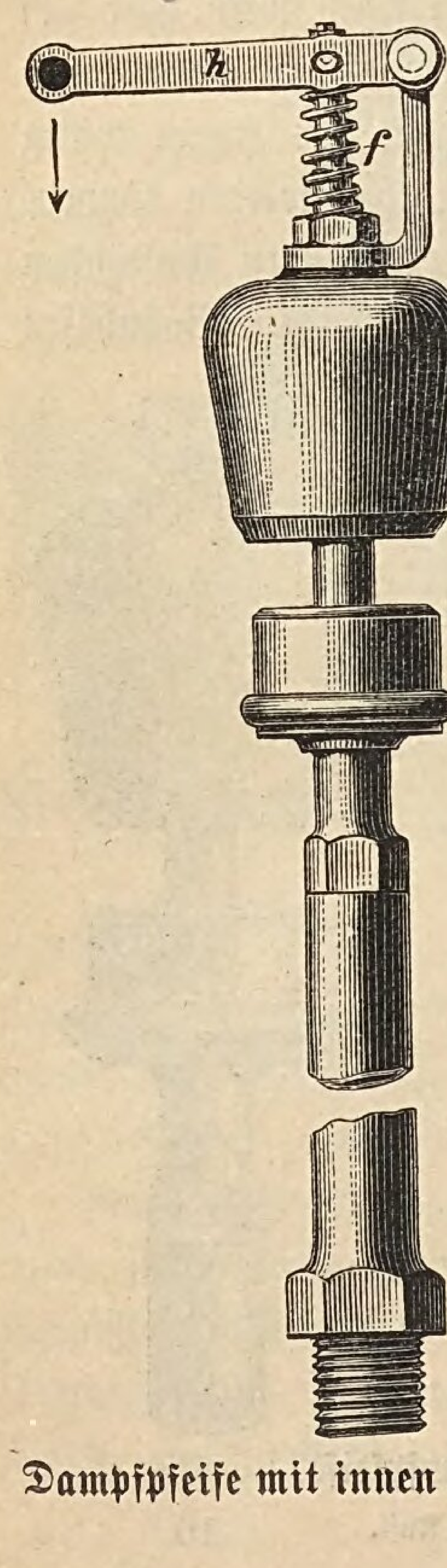


Fig. 158.

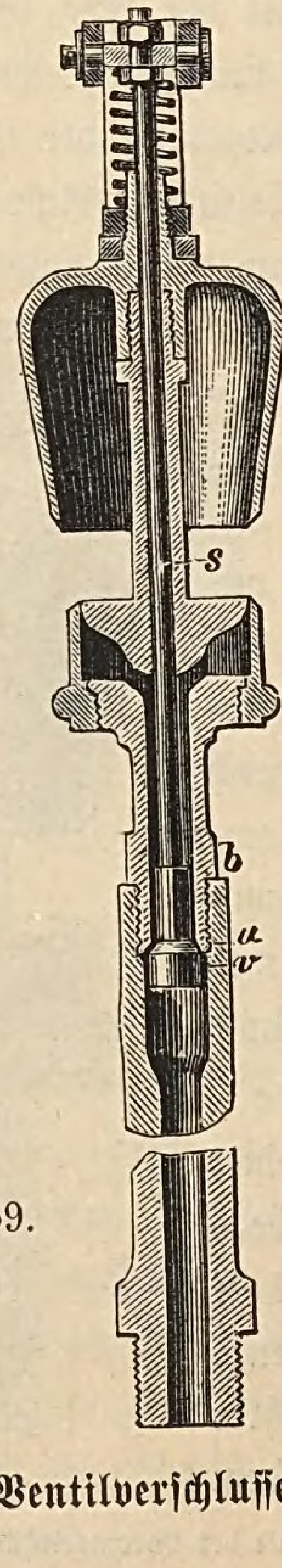




Fig. 159.
(1:5)

Dampfpfeife mit innen liegendem Ventilverschlusse.

Der Hahn der Dampfpfeife liegt etwa in Manneshöhe, so daß bei undichtem Küken, welches der leichten Handhabung wegen nicht sehr fest angezogen werden darf, der ausblasende Dampf den Maschinenbeamten sehr lästig ist.

In den Fig. 157 und 158 ist eine Dampfpfeife mit innen liegendem Ventilverschlusse gezeichnet. Die unter dem Hebel h liegende Feder f hält das Ventil v für gewöhn=

lich geschlossen. Oberhalb des Ventiles, von a bis b, hat die Stange s einen dreieckigen Querschnitt (Fig. 159, Durchschnitt), so daß sie bei geöffnetem Ventile Dampf vorbei läßt und sich doch in dem Pfeifenrohr führt. Nach oben hat sie einen kleineren Durchmesser. Von dem Ende des Hebels geht eine Zugstange nach dem Führerstande. Wird das Ende des Hebels nach unten gezogen, so entfernt sich das Ventil von seinem Sitze und läßt Dampf ausströmen; gleichzeitig wird die Feder zusammengedrückt und zieht, wenn der Führer die Zugstange wieder los läßt, das Ventil auf seinen Sitz zurück.

Die in der Signalordnung für die Eisenbahnen Deutschlands vorgeschriebenen Signale mit der Dampfpfeife sind:

1. Achtung. Das Achtungssignal besteht aus einem mäßig langen Tone und wird gegeben vor Abfahrt eines jeden Zuges, sobald das Abfahrtssignal mit der Mundpfeife gegeben ist; ferner vor Bahnhöfen, welche nicht aus weiter Entfernung schon übersehbar sind; dann, wenn Menschen oder Thiere im Gleise oder demselben zu nahe sind, wenn die Aussicht auf die Strecke durch Einschnitte oder Tunnel, oder wenn die Fernsicht durch Nebel, Schneetreiben 2c. verhindert ist 2c. Wenn der Führer den Zug in Bewegung setzen will, so muß er, nachdem das Achtungssignal gegeben, mit dem Anfahren noch eine kurze Zeit warten, damit die Fahrbeamten ihre richtigen Plätze einnehmen und die an und zwischen den Wagen beschäftigten Arbeiter sich entfernen können.

Es giebt Führer, welche zuerst den Regulator öffnen und dann die Dampfpfeife ertönen lassen; diese Angewohnheit ist durchaus verwerflich.

2. Bremsenanziehen. a) mäßig. Dieses aus einem kurzen Tone bestehende Signal giebt der Führer, wenn zur Ermäßigung der Zuggeschwindigkeit die Bremsen ein wenig angezogen werden sollen. b) stark. Dieses Signal, aus drei kurzen Tönen schnell hintereinander bestehend, wird vom Führer gegeben, wenn bei gewöhnlichen Verhältnissen unter Mitwirkung der Bremser der Zug zum allmählichen

Halten oder schnell in eine geringere Fahrgeschwindigkeit gebracht werden soll.

3. Bremsen loslassen. Wenn ein Zug in Bewegung gesetzt werden soll, dessen Bremsen geschlossen sind, oder wenn der Führer die Geschwindigkeit des Zuges vergrößern will und er vermuthet, daß die Bremsen angezogen oder nicht ganz gelöst sind (daß sie schleifen), so giebt er dieses aus zwei mäßig langen Tönen kurz hintereinander bestehende Signal.

Nothsignal wird gegeben, wenn ein Zug so schnell wie möglich zum Halten gebracht werden muß, wenn also Gefahr im Verzuge ist. Es besteht aus mehreren schnell hintereinander gegebenen Bremssignalen.

Zu Hülfe! Dieses Signal besteht aus mehr als drei kurzen, schnell hintereinander gegebenen Pfiffen und wird benutzt, um Arbeiter zum Wassergeben, Drehen der Maschinen und zu anderen Hülfsleistungen „heranzulocken".

Mit den Signalen 1 und 5 treiben Locomotivführer oft Unfug. Achtungssignale, die minutenlang ertönen, haben in den meisten Fällen keinen Zweck, belästigen die Umgebung in unnöthiger Weise und geben zu gerechten Klagen Veranlassung.

Die Hülfssignale auf den Bahnhöfen sind ganz zu entbehren, indem die Bedienungsmannschaften auf andere Weise herbeigerufen werden können, z. B. durch electrische Hörsignale, Klingelzüge o. dgl.

Für Rangirlocomotiven hat man in jüngster Zeit Dampfpfeifen mit schwächerem Ton eingeführt, um die Anwohner, Reisenden, Beamten u. A. weniger zu belästigen.

Da auch Zugmaschinen, für die auf der Strecke ein weittragender Ton sehr erwünscht ist, auf den Bahnhöfen verkehren, so hat man bei diesen der in Fig. 157 u. 158 gezeichneten Ventildampfpfeife unten im Rohre einen Hahn gegeben, der auf der Strecke ganz geöffnet ist, so daß der Dampf voll auf die Pfeife wirkt. Auf den

Bahnhöfen wird der Hahn herumgedreht, und läßt dann durch eine kleine Bohrung, senkrecht zu der dann nach dem Dampfraum geschlossenen Hauptöffnung, nur wenig Dampf in die Pfeife strömen, wodurch der Ton gemildert wird.

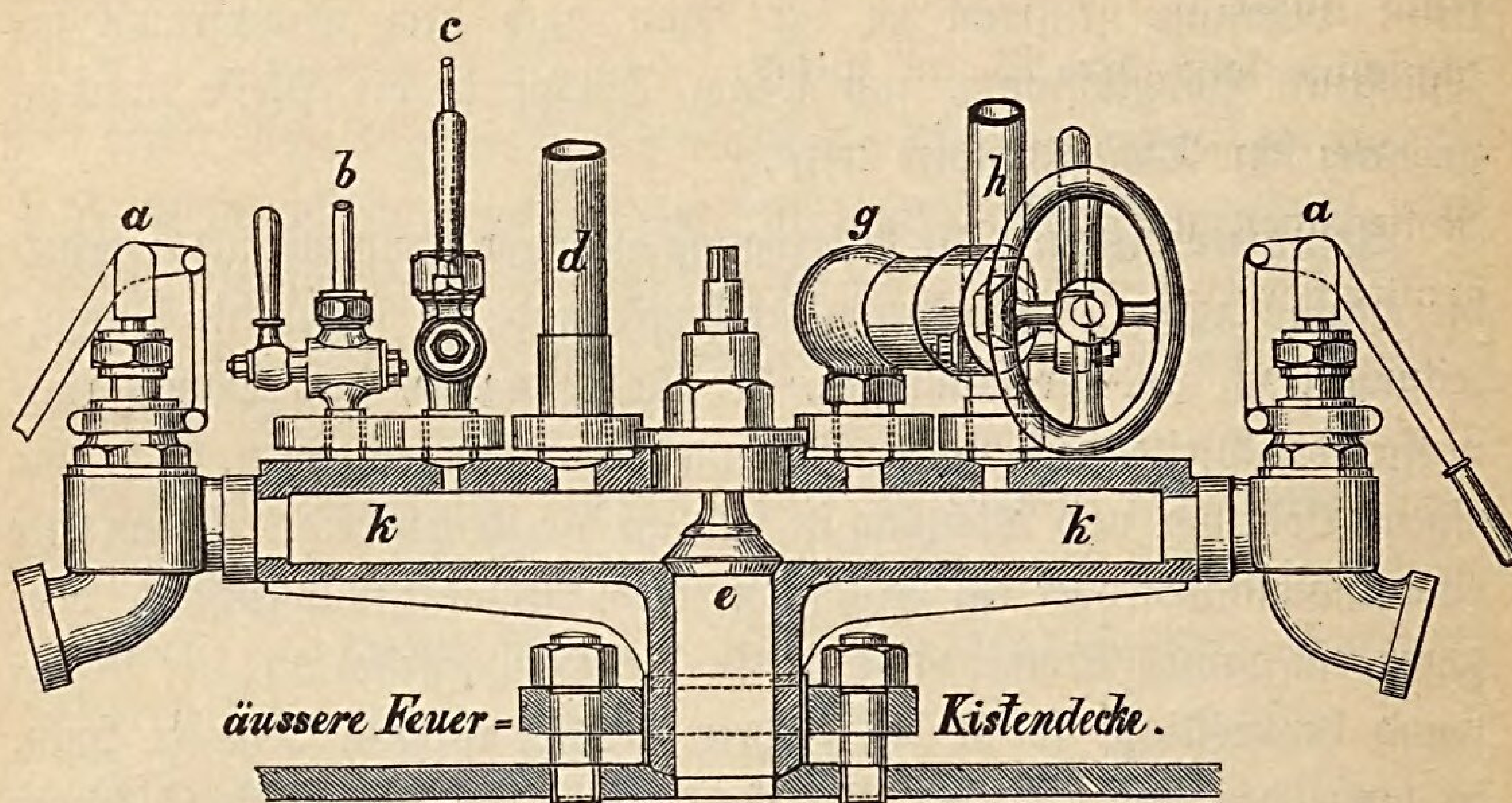
Armaturstutzen. Die Anbringung mehrerer Armaturstücke erfordert die ebenso häufige Durchbohrung der Kesselwand; so haben die Dampfleitungen zu den Strahlpumpen, der Dampfbremse, dem Dampfdruckmesser, der Pfeife, dem Blasehahn, dem Dampfschmierhahn u. A. je ihre eigene Bohrung und Dichtung in und an der Kesselwand. Wenn hier eine Undichtigkeit oder ein Bruch an einem Armaturstücke entsteht, oder sogar ein ganzes Armaturstück (z. B. die Dampfpfeife) aus der Kesselwand herausfliegt, so ist der Führer ziemlich rathlos, denn er kann, so lange der Kessel Dampf hat, in den meisten Fällen die Dichtung nicht erneuern oder die frei gewordene Oeffnung verstopfen. Es sind dadurch nicht selten schon Betriebsstörungen entstanden.

Herr Oberbaurath Klose in Stuttgart giebt der Feuerkiste vor dem Führerstande nur eine Bohrung (bei B, Fig. 160 u. 161) und setzt auf diese einen Hohlkörper k k (Armaturstutzen), welcher seinerseits neun Bohrungen zum Anbringen von Armaturstücken oder Dampfleitungen hat, nämlich zwei für die Dampfventile a a zu den beiden Strahlpumpen, eine für den Dampfschmierhahn b, den Blasehahn c, das Dampfregulirventil d, das Dampfabsperrventil e, den Manometerhahn f, das Dampfbremsventil g und den Pfeifenhahn h.

Abgesehen von dem Vortheil nur einer Bohrung in der Feuerkistenwand, kann man auch den Armaturstutzen und damit alle neun Oeffnungen in demselben durch das Ventil e von dem Dampfraum des Kessels absperren. Es kann also beim Schadhaftwerden irgend eines der genannten Theile dieser, auch wenn der Kessel im Dampfe ist, also unbehindert durch diesen, losgenommen und ausgebessert werden.

Die besprochene Einrichtung hat sich gut bewährt.

Fig. 160.



B

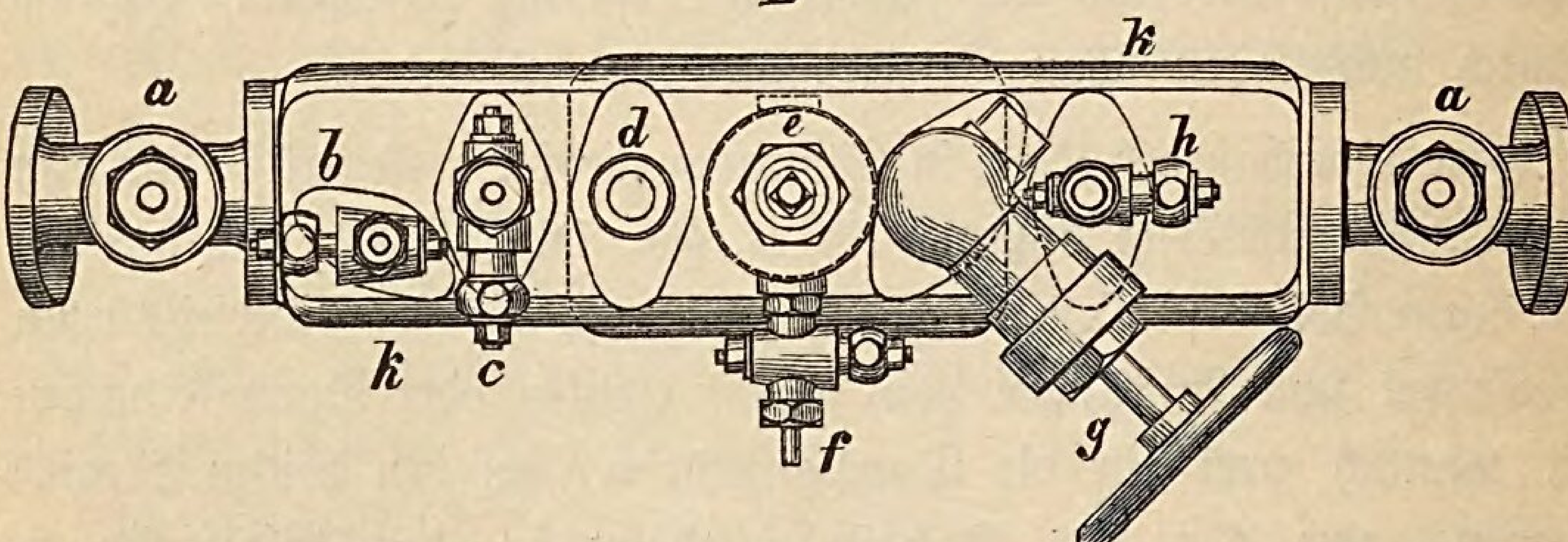


Fig. 161. (1:10)

Armaturstutzen.

8. Vorrichtungen zum Verhüten des Funkenauswurfes.

Wenn die Locomotive bei Beförderung eines schweren Zuges, insbesondere, wenn gleichzeitig eine starke Steigung zu erklimmen ist, kräftig, also mit hoher Dampfspannung und großer Cylinderfüllung arbeitet, oder wenn der Führer den Ausgangsregulator verengen muß, um den erforderlichen Luftzug zur Anfachung des Feuers zu erzielen, so wird die Strömung der heißen Gase zuweilen so heftig, daß brennende Stücke des Feuerungsstoffes durch die Sioderöhren

und den Schornstein mitgerissen werden. Diese fallen in Form eines Funkenregens zu beiden Seiten der Bahn und auf die der Maschine folgenden Wagen nieder.

Bei schnell fahrenden Zügen, oder wenn der Aschenfall unter dem Roste schon zum Theil gefüllt ist, werden auch die durch die Rostspalten gefallenen brennenden Theile aus dem Aschenkasten herausgeschleudert. Gerathen solche in leicht entzündliche Stoffe, Stroh, trockenes Heidekraut, dürre Moose ꝛc., so können diese sich entzünden und unter Umständen Heide- und Waldbrände entstehen.

Bahnstrecken, welche zur Seite leicht feuerfangende Gegenstände haben, werden von vielen Eisenbahnverwaltungen dem Locomotivführer durch sog. Brandsignale gekennzeichnet, z. B. durch weiß und roth gestrichene Tafeln, welche an den Telegraphenmasten oder sonst wo sichtbar angebracht sind.

Der Locomotivführer hat sich diese Strecken auch an anderen Merkmalen genau einzuprägen, da bei Nacht jene Signale wohl auf keiner Bahn beleuchtet sind.

Für das Befahren solcher Strecken hat der Führer Dienstanweisungen, er hat nämlich Alles zu unterlassen, was den Funkenauswurf herbeiführt oder verstärkt; die Maschine darf nicht mit verengtem Ausgangsregulator arbeiten, mit dem Stocheisen das Feuer nicht aufgebrochen, die hintere Aschenfallklappe muß geschlossen werden.

Hat der Locomotivführer noch frisches Feuer, guten Brennstoff, und fährt der Zug nicht unter ungünstigen Umständen, so wird er diesen Anweisungen leicht nachkommen können, da er alsdann der besonderen Hülfsmittel zur Erzielung einer hinreichenden Dampferzeugung nicht bedarf; andernfalls, wenn die Dampfentwickelung schon nicht genügend und die brandgefährliche Strecke lang ist, oder wenn sich kürzere brandgefährliche Strecken häufig folgen, sind ihm die Mittel zur besseren Dampfentwickelung genommen.

Darf in einem solchen Falle an Fahrzeit nicht zugesetzt werden, so wird die Innehaltung der Vorschriften kaum möglich sein.

Außer den durch Brandsignale gekennzeichneten Stellen befinden sich in der Nähe der Bahn zeitweise und zufällig oft leicht feuerfangende Gegenstände, von welchen der Führer nicht einmal Kenntniß hat. Die von der Locomotive ausgeworfenen Funken können auch dem Zuge selbst gefährlich werden, es müssen deshalb an der Locomotive Vorrichtungen sein, welche den Funkenauswurf überhaupt möglichst verhindern. Solche befinden sich am Aschfallkasten und in der Rauchkammer.

Dem Aschkasten giebt man wohl vorn eine der Breite nach durchgehende vorstehende Leiste, welche das Herausfallen brennender Theile nach dieser Seite etwas verhindert und auch der durchströmenden Luft eine Richtung mehr nach oben giebt. Viel Nutzen hat dieselbe nicht, da die Rückstände der Feuerung darüber hinwegfallen, sobald der Aschkasten ziemlich hoch damit angefüllt ist. Diese Leiste ist hinderlich beim Herausnehmen der Asche, und kann deshalb nicht gut an beiden Seiten angebracht werden.

Eine bessere Vorrichtung vor den offenen Enden des Aschkastens, welche auch die Leiste unnöthig macht, ist ein Rahmen mit grobem Drahtgeflechte oder eng nebeneinander stehenden Stäben, welche hinreichend Luft durchlassen, jedoch größere Kohlentheile zurückhalten. Soll die Asche herausgenommen werden, so können diese Rahmen, welche wie die Aschenfallklappen in Gelenken hängen, aufgeklappt werden.

An dieser Stelle sei bemerkt, daß man Aschfallklappen mit senkrecht abgeschnittenen Seitenwänden findet, deren geschlossene Klappen also senkrecht herunterhängen; letztere schlagen beim Fahren auf und zu, so daß sie geschlossen das Herausfallen von glühenden Kohlen und Schlacken nicht hindern. Die Seitenwände müssen abgeschrägt sein, so daß die geschlossenen Klappen auf ihnen ruhen.

Ein ähnlicher Rahmen wie vor dem Aschkasten, der sog. Funkenfänger, befindet sich in der Rauchkammer; er liegt über der obersten Siederohrreihe, jedoch unterhalb der Mündung des Ausgangsregulators, und besteht aus flachen Stäben, welche schräg gestellt sind, so daß mitgerissene Kohlenstückchen, welche in gerader Linie zum Schornstein

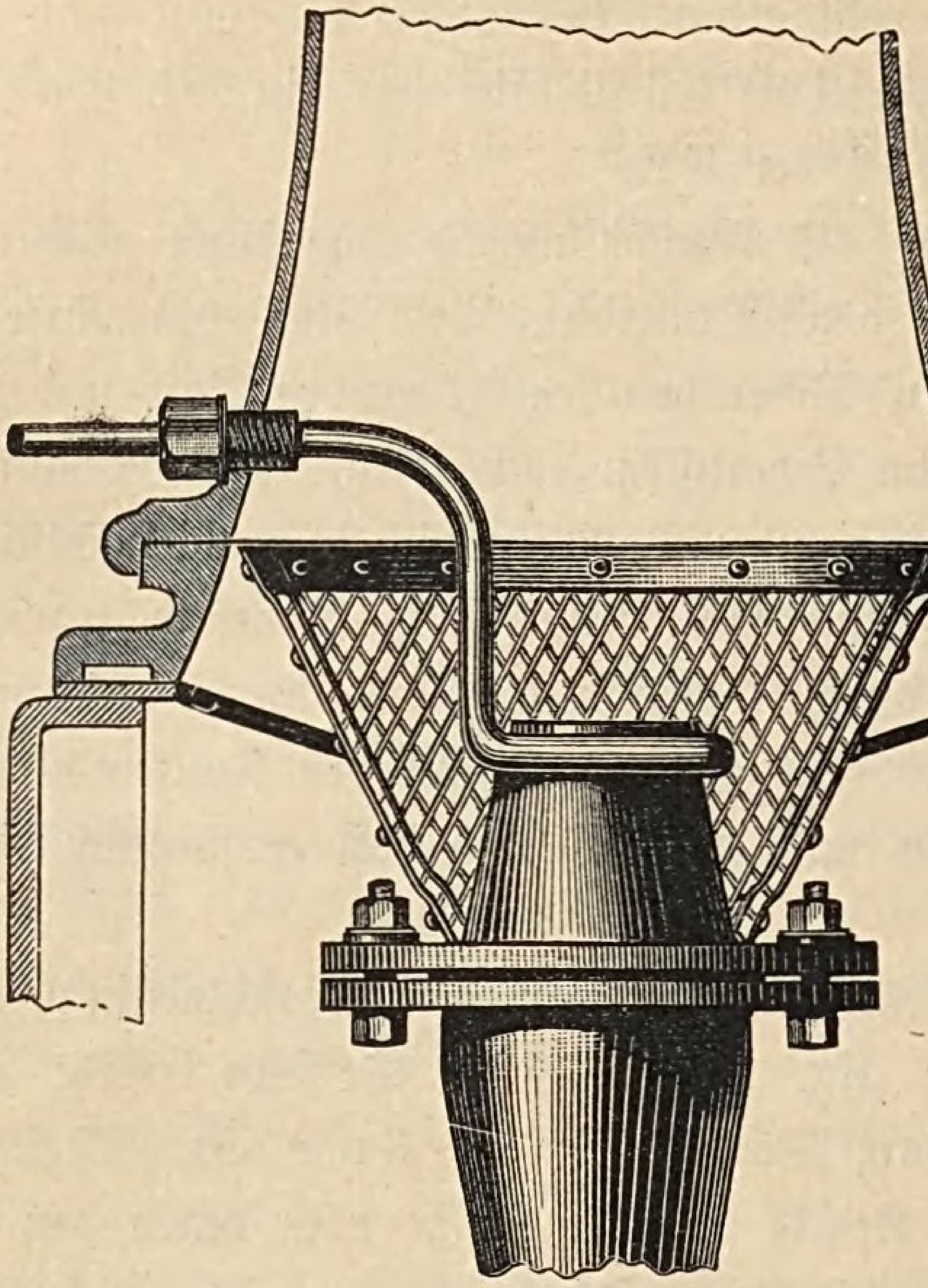
fliegen, sich daran stoßen und in die Rauchkammer zurückfallen. An Stelle eines solchen rollladenartigen Rahmens wendet man auch eine mit vielen Löchern versehene Eisenplatte oder ein Netz von Eisendraht an. Fig. 35 und 36 bei FF.

Sind die Stäbe des Funkenfängers eng genug gestellt oder die Maschen fein genug, so wird allerdings dem Funkenauswurfe gesteuert, jedoch können die den Sieberöhren entströmenden Gase und der Rauch nicht so frei aus dem Schornstein entweichen, es ist deshalb ein wirksamer Funkenfänger der guten Dampfentwickelung nicht günstig. Wenn auch die freie Oeffnung von vornherein groß genug genommen ist, wird sie doch bald durch Kohlenstaub, Asche und dergleichen verengt; übergerissenes Wasser fällt zum Theil auf den Funkenfänger, mischt sich mit dem Staube und der Asche, so daß er förmlich eine Kruste von Ruß bekommt.

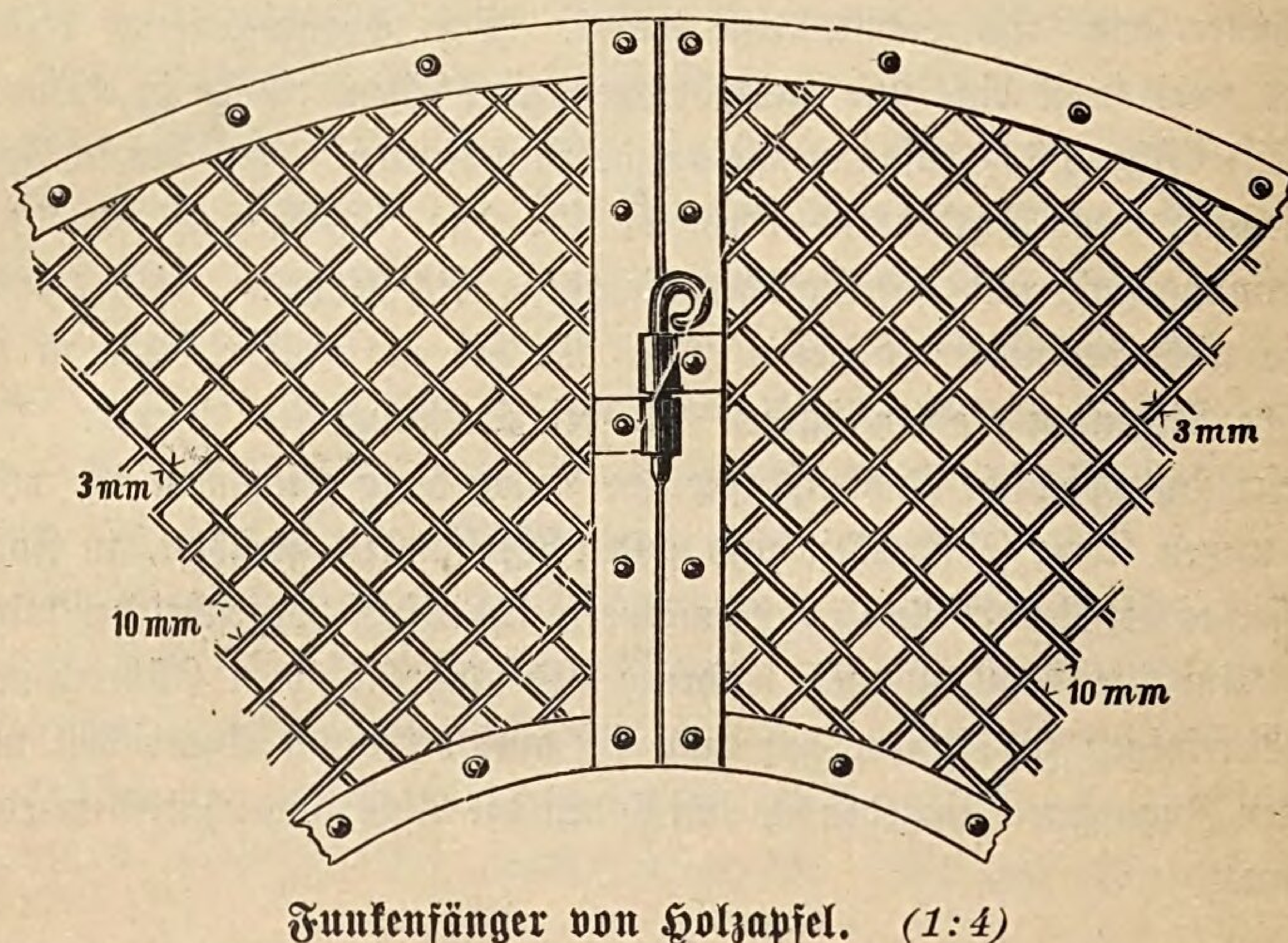
Einen neueren Funkenfänger von dem Maschineninspector Herrn Holzapfel zeigen die Fig. 162 u. 163. Derselbe besteht aus einem Eisendrahtnetze (10 mm Maschenweite und 3 mm Drahtstärke), welches in der Form eines Kegels mit der Spitze nach unten den Exhaustor umgiebt, oben bis an die Schornsteinwandung reicht und so die Rauchkammer von dem Schornsteine trennt. Der Drahtnetz-Kegel besteht aus zwei leicht ein- und auszubringenden Theilen, welche in einfacher Weise (Fig. 163) zusammengefügt werden können. Bei der schrägen Stellung des Drahtnetzes verbleibt für das Ausströmen der Verbrennungsgase und des Rauches die ganze Maschenweite, diese werden also nicht behindert; dagegen wird für die in gerader Linie in die Höhe fliegenden Kohlenstückchen die freie Oeffnung sehr beengt. Wo dieser Holzapfel'sche Funkenfänger zur Anwendung gekommen ist, wird er wegen seiner Einfachheit und guten Wirksamkeit gerühmt, in Folge dessen er bei Neubestellung von Locomotiven vielfach vorgeschrieben wird.

Um die Funkenfänger während des Fahrens vom Führerstande aus reinigen zu können, hat man sie auch beweglich eingerichtet und einen Zugapparat angebracht, durch den die Asche abgeschüttelt werden kann.

Fig. 162 und 163.



(1:8)

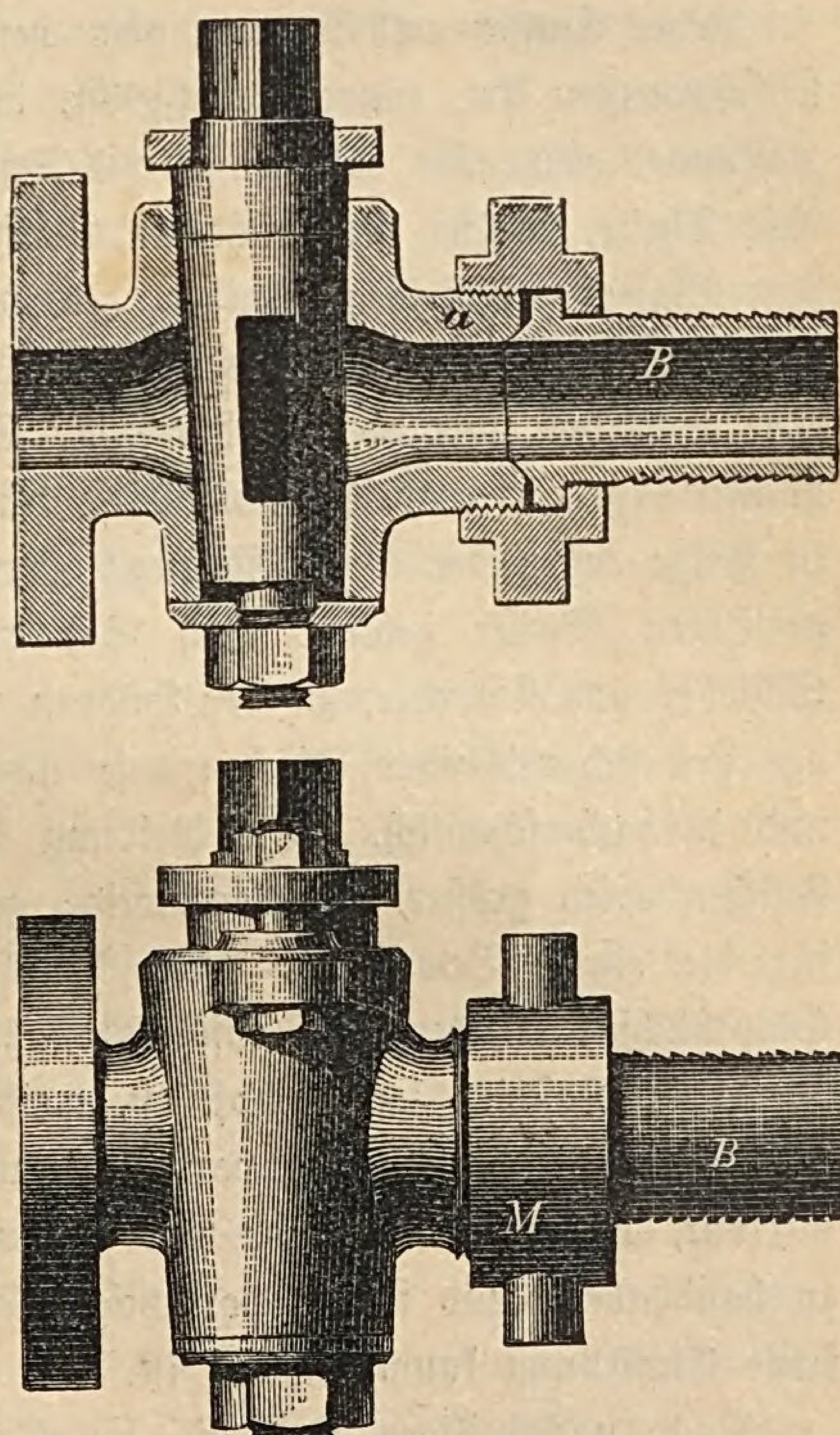


Funkenfänger von Holzapfel. *(1:4)*

9. Entleerung und Reinigung des Kessels.

Bei vorzunehmenden Ausbesserungen am Kessel ist es zuweilen, beim Reinigen desselben, dem Auswaschen oder Ausspülen, aber immer nöthig, ihn zu entleeren. Der Kessel hat zu diesem Zwecke im unteren Theile zu beiden Seiten der Feuerkiste einen Ablaßhahn t, Fig. 5, Taf. 2. Denken wir uns diesen aufgedreht, so wird bei ganz dichtem Regulator das Wasser nur langsam abfließen, weil durch Ausfluß eines Theiles desselben im Kessel eine Luftverdünnung eintritt, deren Spannung den ganzen Atmosphärendruck außerhalb des Ablaßhahnes nicht überwinden kann. Das Wasser tritt stoßweise aus, weil durch den Hahn Luft in den Kessel zu dringen sucht. Um die Entleerung zu beschleunigen werden daher der Regulator und die Cylinderhähne geöffnet, um Luft in den Kessel über das Wasser treten zu lassen. Die Ablaßhähne dienen auch zum Füllen des Kessels mit Wasser, dieselben haben deshalb bei den Locomotiven derselben Bahn alle einen gleich starken Ansatz a, Fig. 164, mit gleichem Gewinde zum Anschrauben des Füllschlauches.

Fig. 164 und 165.



Ablaßhahn. *(1:4)*

Fig. 164 u. 165. Der Füllschlauch wird über das

Stück B geschoben und die Mutter M mit dem Ansatze a verschraubt.

Die Füllschläuche sind aus Kautschuk mit Hanfeinlagen oder aus starkem Segeltuche. In den Schuppen, insbesondere beim Auswaschen, leiden dieselben sehr, sie brechen oder werden nicht selten zerstoßen. Um dieses zu verhüten, hat sich bewährt, Gummischläuche mit Stahldraht schraubenförmig zu umwickeln. Solche Schläuche sind theurer, aber sehr haltbar, und bilden sich beim Gebrauche keine scharfen Knicke, die zuerst zu Undichtigkeiten Veranlassung geben und außerdem den freien Durchfluß des Wassers hindern.

Jedes Wasser enthält mehr oder weniger fremde Bestandtheile der verschiedensten Art, entweder aufgelöst, in flüssigem oder gasförmigem Zustande, oder aber beigemengt als Schlamm, feine Körner u. dergl. Alle Theile, welche sich nicht in Gasform mit dem Dampfe aus dem Wasser ausscheiden, bleiben als weiche Masse (Schlamm) oder als harte Theile (Kessel- oder Pfannenstein) im Kessel zurück. Der Schlamm, welcher sich durch die Schwankungen in der ganzen Wassermasse fein zertheilt, macht diese trübe und unruhig und bekommt in Folge dessen der Kessel Neigung zum Spucken. Mit dem übergerissenen Wasser gelangt auch Schlamm zum Regulator, in die Schieber und Cylinder, zu den Hähnen und Stopfbüchsen. Er wirkt auf den sich reibenden Flächen wie ein Polirmittel, also abnutzend und deshalb schädlich. Die Reibung der auf einander gleitenden Flächen wird größer, die Locomotive gebraucht daher mehr Dampf für die eigene Bewegung. Zur Abhilfe ist Oel zuzuschütten; die Stopfbüchsen erleiden eine rasche Abnutzung. Der Regulator kann, wenn die Maschine im Dampfe ist, meistens nicht geölt werden; hier macht sich die Ablagerung von Schlamm dadurch unangenehm bemerkbar, daß der Regulator nur schwer und in ermüdender Weise zu handhaben, und so ein vorsichtiges Anziehen des Zuges und die feine Einstellung kaum möglich ist.

Noch nachtheiliger sind die im Kessel zurückbleibenden harten Theile, welche sich als Kesselstein fest an die Kesselwände und die

Siederöhren setzen. Am meisten geschieht dieses an den Stellen, wo die Verdampfung am lebhaftesten ist, also an den Feuerkisten- und Siederohrwandungen. Hier schlagen sich die festen Bestandtheile mit der Zeit bis zu einer mehrere Millimeter starken, sehr harten Kruste nieder, deren Hauptbestandtheil Kalk ist. Da dieser die Wärme schlecht leitet, so lassen die Feuerkiste und die Siederöhren mit der Zeit immer weniger Wärme durch, so daß für Erzeugung derselben Dampfmenge mehr Brennmaterial erforderlich wird.

Ein anderer und größerer Uebelstand ist der, daß das Wasser, wenn die Kesselsteinlage zu dick wird, die Metallwandungen nicht mehr hinreichend abkühlt. Diese können glühend werden und widerstehen dann dem Dampfdrucke nicht mehr.

Die Feuerkiste bekommt Beulen und brennt schließlich durch.

Wenn sich ein Stück Kesselstein von einer glühend gewordenen Stelle der innern Feuerkiste ablöst, so kommt das Wasser mit dieser in unmittelbare Berührung; es kann sich plötzlich eine so große Menge Dampf bilden, daß die Ventile nicht im Stande sind, denselben abzublasen und der Dampfdruck zu einer gefährlichen Höhe steigt; man will hierin schon die Ursache von Kesselexplosionen gefunden haben.

Auffallend stark setzt sich der Kesselstein an den Mündungen der Speiseröhren in den Kessel ab, es werden in Folge dessen diese Oeffnungen mit der Zeit immer kleiner. Sie lassen endlich das von den Speisepumpen eingepreßte Wasser nicht mehr frei durchströmen, wodurch die Flantschen der Pumpen und Druckrohre undicht werden, da hier das Wasser sich einen Ausweg sucht. Es ist nöthig, bei Hauptausbesserungen die Kesselventile abzunehmen und die Oeffnungen zu reinigen.

Viele Mittel sind vorgeschlagen und angewandt, um entweder nur das feste Ansetzen des harten Kesselsteines, oder aber die Bildung von hartem Kesselstein selbst zu verhüten. Zu ersteren, welche also äußerlich wirken, gehören Sägespäne, welche mit dem Kesselsteine eine bröckliche, zum festen Ansetzen nicht sehr geneigte oder doch beim Aus-

waschen leicht abfallende Masse bilden. Ein Zusatz von Sägespänen macht jedoch das Wasser trübe und unruhig und leistet dem Spucken Vorschub.

Dem Speisewasser zugesetzte Kartoffeln sollen im Kessel einen Kleister bilden, welcher die Wände überzieht und das feste Ansetzen des Kesselsteines verhindert. Es mag dieses bei stehenden Kesseln, welche häufig ausgeklopft werden, vortheilhaft sein, bei einem Locomotivkessel, dessen Wände wegen der Siederöhren und Stehbolzen nicht zugänglich sind, ist dieses Mittel nicht zu empfehlen, da auch der sich etwa bildende Kleister mit der Zeit an den Wänden festbrennt.

Unter dem Namen Kesselsteinspiritus, Kesselsteinpulver, Steinspiritus, Antikesselsteincomposition, Kesselsteingegenmittel, Lepidolid, Universalmittel gegen Kesselstein u. s. w. u. s. w. kommen Mittel im Handel vor, welche chemisch wirken, d. h. die Natur der fremden Bestandtheile des Speisewassers dahin ändern sollen, daß dieselben überhaupt festen Kesselstein nicht mehr bilden. Alle diese Mittel haben das gemein, daß ihre Bestandtheile angeblich Geheimniß sind, und daß sie für Locomotivkessel nichts taugen.

Das Wasser einer meilenlangen Bahn ist von zu verschiedener chemischer Beschaffenheit, als daß für jedes und für seine verschiedenen Mischungen ein und dasselbe Mittel von derselben guten Wirkung sein könnte. Bei einem stehenden Kessel mit immer gleichem Speisewasser, dessen Beimengungen bekannt sind, kann allerdings ein Zusatz hergestellt werden, der die Bildung von ganz hartem Kesselstein verhindert.

Es giebt der empfohlenen Mittel gegen Kesselstein sehr viele, die, wie gesagt, für Locomotivkessel nach unserer Ansicht von keinem Werthe sind, wir gehen deshalb auf sie weiter nicht ein.

Wenn das Speisewasser nicht zu schlecht, d. h., wenn es nicht zu viel harte, Kesselstein bildende Bestandtheile hat, so genügt ein fleißiges und gründliches Ausspülen, wobei die Feuerkistendecke nicht

zu vergessen ist, und das Ausklopfen des Kessels, wenn die Sieberöhren ausgewechselt werden, um schädliche Wirkungen zu verhüten.

In neuester Zeit kommt Petroleum zur Anwendung, um den an den Kesselwandungen festhaftenden harten Kesselstein zu lösen oder vielmehr abzusprengen. Das Verfahren ist folgendes. Etwa eine Stunde nach dem Auswaschen werden mittelst einer Spritze 1—1$^1/_2$ kg Petroleum auf die Kesselsteinansammlungen und die Kesselwandungen (Feuerkistenwände, Stehbolzen, Sieberöhren u. A.) gebracht. Erst nach ein bis zwei Stunden ist mit dem Füllen zu beginnen. Die Menge des einzubringenden Petroleums richtet sich nach der Menge und Art des Kesselsteines, indem harter Kesselstein mehr Petroleum erfordert als poröser.

Die Wirkung des Petroleums beruht darauf, daß es in den Kesselstein eindringt, diesen sprengt und von den Wandungen ablöst, so daß er beim nächstfolgenden Auswaschen in Stücken in der bekannten Weise aus dem Kessel entfernt werden kann.

Ein Zuviel an Petroleum ist zu vermeiden, weil dasselbe das Rinnen von Sieberöhren, Undichtwerden von Stehbolzen, Ventilen, Hähnen u. A. und das Spucken veranlassen kann.

Etwa durch die unteren Luken abfließendes Petroleum muß aufgefangen werden. Man kann auch das Petroleum schon vor dem Ablassen des Wassers dem Kessel zuführen. Dasselbe bleibt alsdann bei dem Ablassen des Wassers zum Theil an den Kesselwandungen und den Sieberohren haften, dringt in den trocken werdenden Kesselstein ein und sprengt denselben später nach dem Wiederfüllen bei dem Anheizen ab.

Die Anwendung von Petroleum erfordert Vorsicht, weil es vorgekommen ist, daß die aus dem eingespritzten Petroleum sich entwickelnden Gase an dem einer oberen Luke nahe gebrachten Licht eines Arbeiters sich entzündeten, es liegt also **eine Explosion nicht außerhalb der Möglichkeit.**

Bei dem Locomotivkessel ist wegen der eng liegenden Sieberöhren und des geringen Raumes zwischen den beiden Feuerkisten die Ab=

lagerung von Kesselstein und die Anhäufung von Schlamm nachtheiliger, als bei jedem anderen Kessel, es muß daher das häufige Ausspülen, wenn möglich mit heißem Wasser, dem Locomotivführer zur Pflicht gemacht werden.

Bevor er damit beginnt, und das Auswaschwasser ist kalt, so ist dem Kessel Zeit zu geben, sich abzukühlen, mindestens 12 Stunden, damit, da das Ausspülwasser kalt ist, die plötzliche Wärmeveränderung nicht ein Verziehen oder sogar Reißen der Wände und ein Rinnen der Siederöhren nach sich zieht. Das heiße Wasser abzulassen, um die Abkühlung zu beschleunigen, ist nicht räthlich; nach dem Entleeren ist sofort mit dem Durchspritzen des Wassers zu beginnen, da sonst der Schlamm sich zwischen den Röhren und an anderen Stellen verhärtet und dann schwierig wegzubringen ist. Wenn die Betriebsverhältnisse es nicht erlauben, dem Kessel 12 Stunden Zeit zur Abkühlung zu geben, so kann man, um dennoch eine allmähliche Abkühlung herbeizuführen, einen Theil des heißen Wassers ablassen und durch den Füllschlauch kaltes Wasser langsam wieder zusetzen, und dieses einige Mal wiederholen.

Wo es thunlich ist, empfiehlt es sich immer, den Kessel mit heißem Wasser aus einer anderen Locomotive auszuspritzen. Da die Locomotiven meist Dampfstrahlpumpen haben, so hat man in diesen sehr wirksame Ausspritzvorrichtungen, welche gleichzeitig den Vortheil bieten, daß das Ausspritzwasser heiß, man also nicht genöthigt ist, mit dem Auswaschen des Kessels 12 Stunden auf dessen Abkühlung zu warten.

Zum Durchspritzen des Wassers und Entfernen der festen Bestandtheile hat der Kessel an mehreren zugänglichen Stellen verschließbare Oeffnungen, sog. Schlammlöcher: an den tiefstgelegenen Punkten des Feuerbuchsmantels, in der Rückwand desselben, oberhalb der Feuerkistendecke, unter dem Langkessel, außerdem in der Rauchkammer unter und über den Siederöhren.

Je größer der Druck des Einspritzwassers ist, also je höher der Wasserbottich steht, oder je kräftiger die Druckpumpe (Dampfstrahl-

pumpe) wirkt, um so besser werden die festen Bestandtheile herausgerissen. Mittelst biegsamer Stangen und Haken wird nachgeholfen; ganz besonders sind die Räume zwischen den Stehbolzen und den Feuerbuchswandungen zu untersuchen (etwa mit einem Kupferdraht), ob sie nicht mit festgebranntem Stein oder Schlamm ausgefüllt sind. Jedesmal, wenn der Dom abgenommen wird, oder Siederöhren ausgewechselt werden, sollte von oben oder durch die Bohrungen Wasser eingespritzt werden. Unter Verzicht auf die Heizfläche von einem oder zwei Siederöhren bringt man auch wohl in der Mitte der vorderen Rohrwand ein Schlammloch an, durch das der zwischen den Siederöhren lagernde Schlamm weggespült werden kann. Wenn das von der Rauchkammer aus eingespritzte Wasser aus den tieferliegenden Oeffnungen des äußeren Feuerkistenmantels nicht kräftig abläuft, sondern theilweise in die Rauchkammer zurückströmt, ist es zweckmäßig, die Maschine vorn mit der Winde zu heben. Der Langkessel, dessen Schlamm in einem solchen Falle das Wasser nicht durchströmen läßt, wird gründlich gereinigt, wenn alle Schlammlöcher, bis auf das untere in der Rauchkammer, geschlossen und das durch den Ablaßhahn eingelassene Wasser durch dieses herausgelassen und gleichzeitig mit einer Stange von der Länge des Kessels fleißig bis vor die hintere Rohrwand durchfahren wird.

Die Schlammlöcher werden entweder mit messingenen Pfropfen p geschlossen, Fig. 166, es sind alsdann diese und die Schlammlöcher mit Gewinde versehen, oder mit Platten, sog. Luken, welche, genau nach der Kesselwand gearbeitet, mittelst Schraubenstiftes, einer übergelegten Brücke und Mutter aufgepreßt werden.

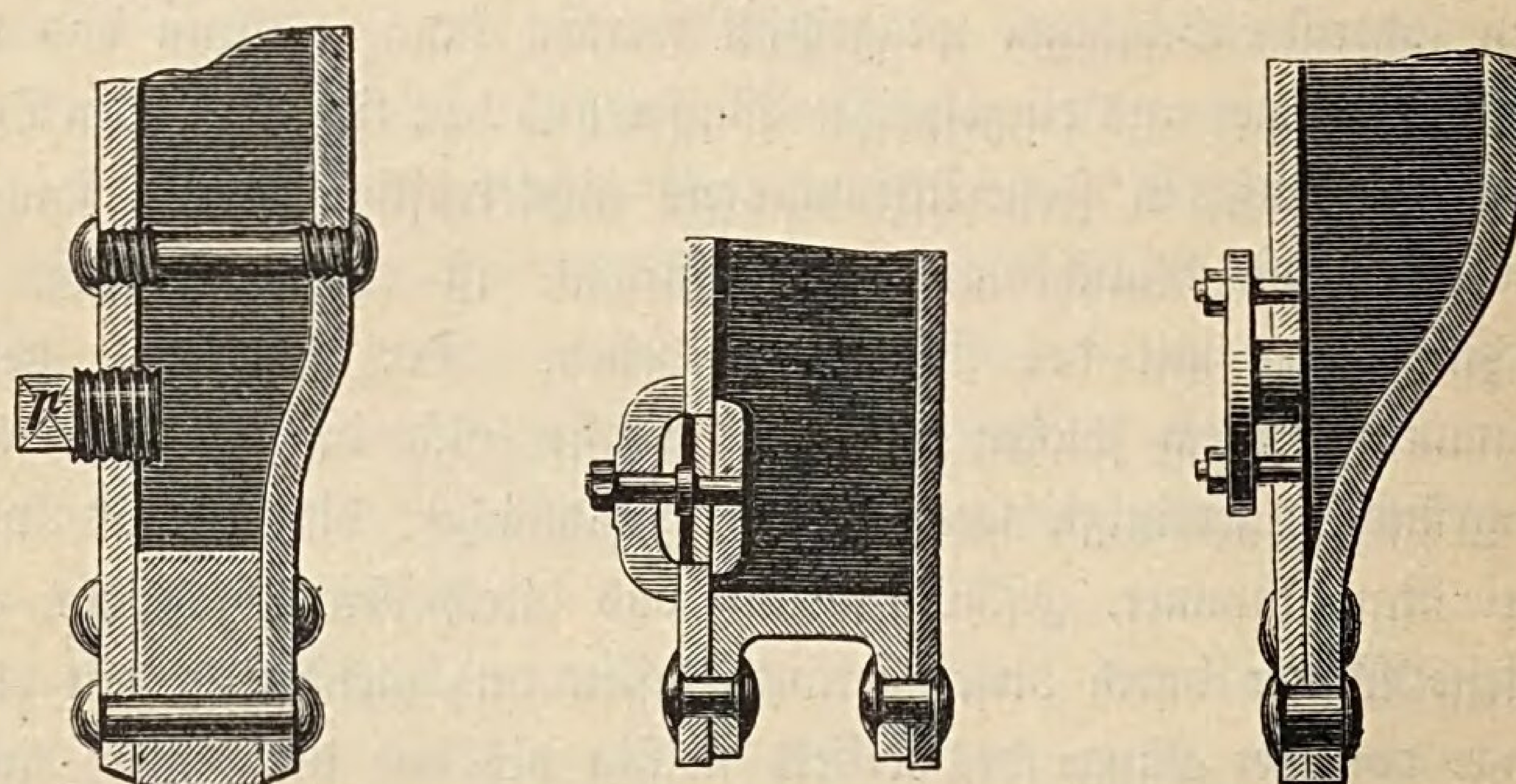
Messingene Schraubenpfropfen sind allerdings bequem, haben aber den Uebelstand, daß wegen der dünnen Kesselwand das Gewinde sehr fein sein muß, wenn nicht eine kleine Eisenplatte aufgenietet ist, und daß sie leicht festbrennen. Auch leidet das Gewinde durch die durchgeführten Auswaschstangen, so daß es von Zeit zu Zeit nachgeschnitten werden muß, wodurch die Löcher schließlich unbequem groß werden.

Ein solcher Verschluß empfiehlt sich daher nur für Schlammlöcher, die zum Wassereinspritzen, jedoch nicht zum Durchführen von Stangen dienen.

Der Messingpfropf ist vor dem Einschrauben mit Talg einzufetten, da er alsdann nicht so leicht festbrennt.

Die Luken werden entweder von innen, Fig. 167, oder von außen, Fig. 168, gegen die Kesselwand gelegt. Erstere Befestigung ist die bessere, da beim Brechen des Schraubenstiftes die Luke noch

Fig. 166. Fig. 167. Fig. 168.



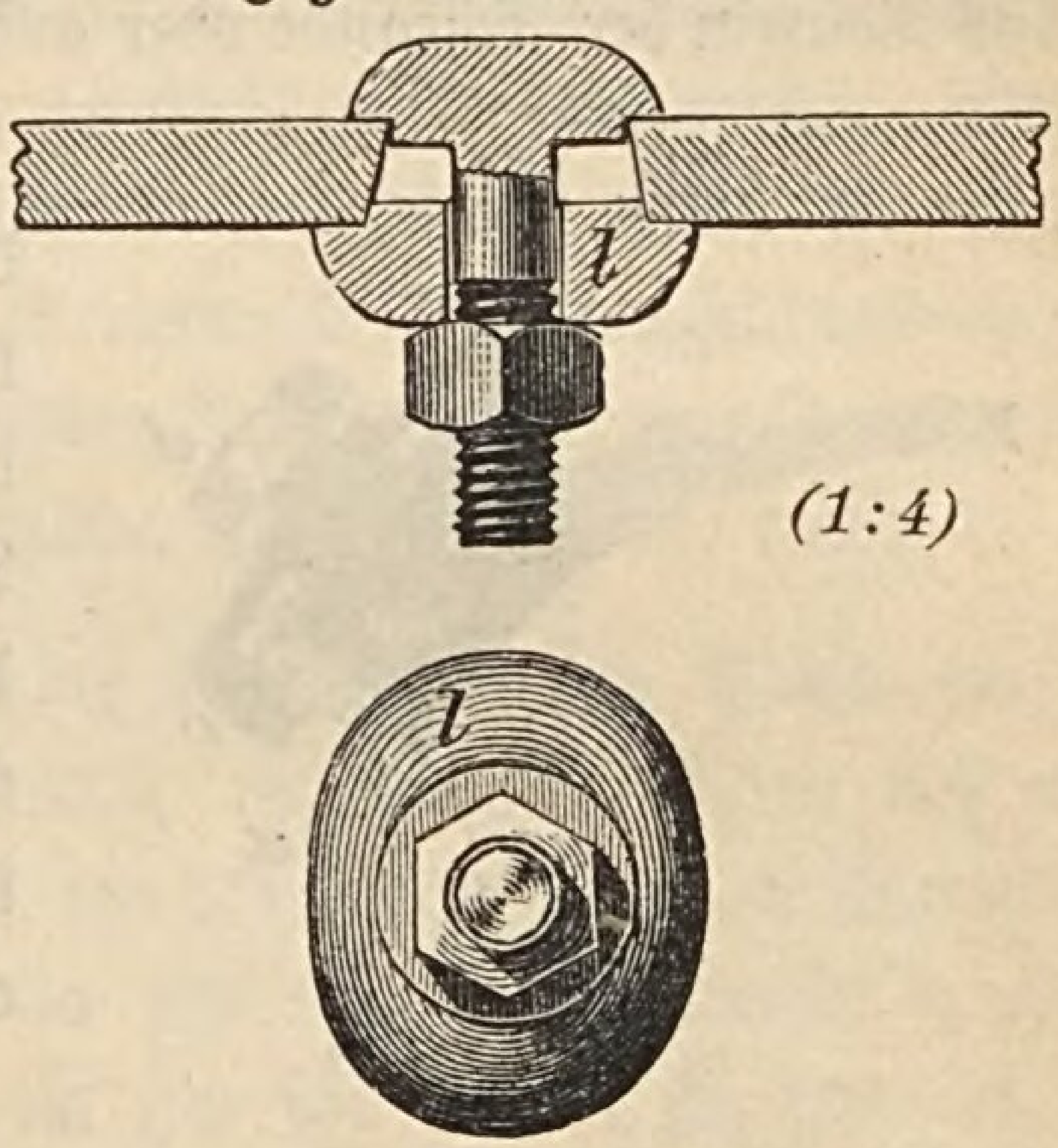
Schlammlöcher mit Luken oder Pfropfen. *(1:8)*

durch den Dampfdruck aufgepreßt wird und ein plötzliches Hinausfließen des Wassers nicht stattfinden kann; im schlimmsten Fall bleibt wenigstens Zeit, das Feuer auszureißen, bevor die Feuerkiste gelitten hat. Auch wird ein vorhergehendes Blasen den Fehler anzeigen, was, wenn die Luke von außen aufgelegt, nicht der Fall ist. Eine Vereinigung beider Einrichtungen zeigt die Luke Fig. 169 u. 170 im Durchschnitte und der Ansicht; wie ersichtlich, ist der Bügel in Fig. 167 hier durch eine von außen gegen das Kesselblech gelegte zweite Luke 1 ersetzt.

Die Luken, insbesondere die von innen aufgelegten, können kaum so gut aufgepaßt sein, daß sie ohne besondere Dichtung (Verpackung)

einen sicheren und wasserdichten Verschluß geben. Die Dichtung wird durch Pappe, Leinwand, Gummi, Hanf oder Bindfaden hergestellt. Pappe, feucht geworden, befördert das Rosten der Dichtungsfläche und ist nicht zu empfehlen. Leinwand und Gummi müssen, wie auch Pappe, beim jedesmaligen Einsetzen der Luke erneuert werden.

Fig 169 u. 170.



Doppelte Luke.

Einen sicheren und auf die Dauer auch einfachen Verschluß giebt ein Hanfkranz, getränkt in einem Kitte aus tüchtig durcheinandergearbeitetem Mennig, Bleiweiß und Leinöl. Bei Herstellung der Verpackung legt man zunächst auf den Rand der Luke eine dünne Schicht steifen Kittes, darüber den ganz gleichmäßig geflochtenen und genau passenden Hanfkranz und darüber wiederum eine dünne Lage desselben Kittes.

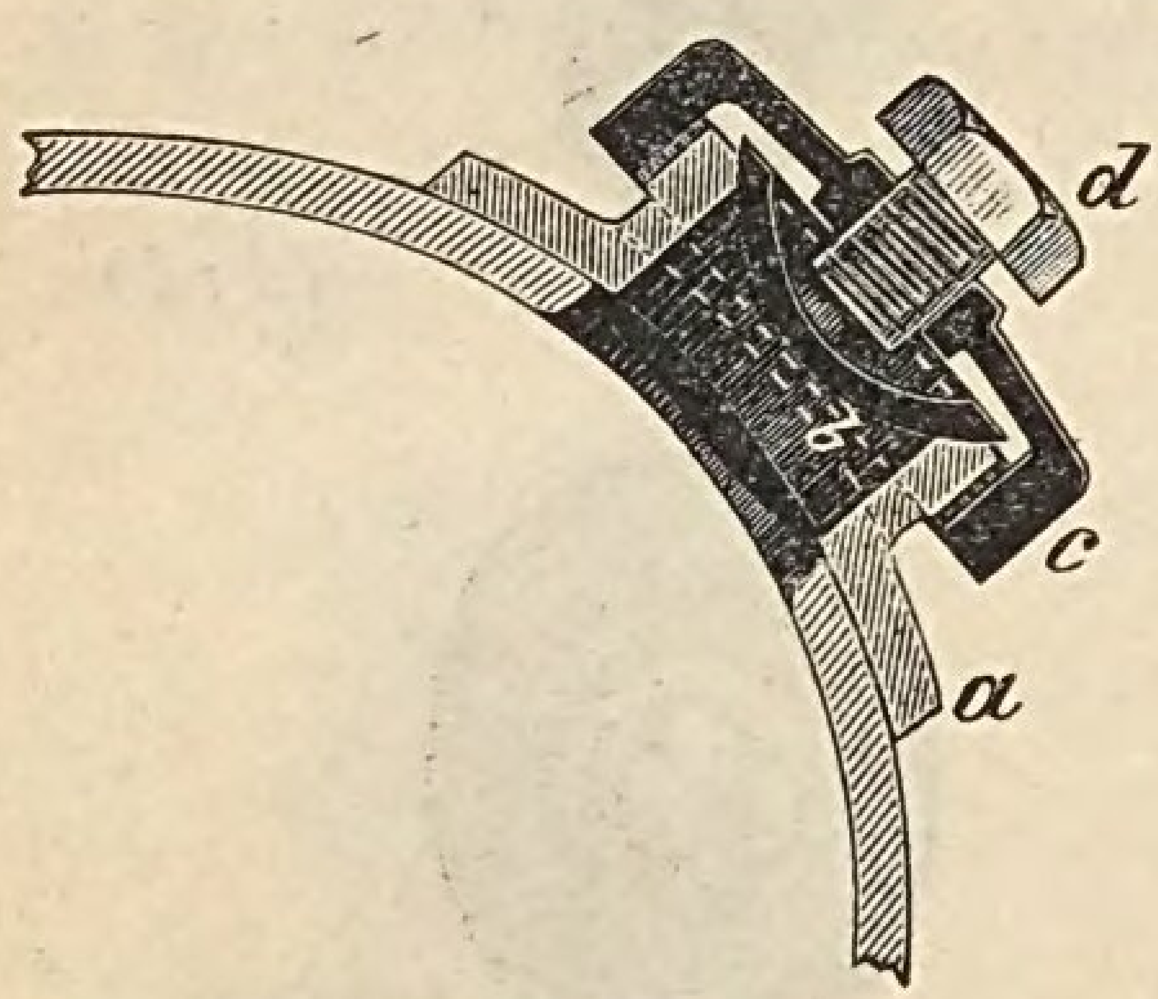
Die so hergerichtete Verpackung der Luke kann sich beim Einsetzen nicht verschieben und hat den Vortheil, daß sie demnächst nicht ganz erneuert zu werden braucht: beim Herausnehmen bleibt nämlich der Hanfkranz mit dem ganz verhärteten Kitte an der Luke haften und braucht beim nochmaligen Einsetzen nur eine dünne Lage steifen Kittes aufgelegt zu werden, um wieder einen dichten Verschluß herzustellen. Damit der Kitt sich gut von der Kesselwand ablöst, fettet man die innere Dichtungsfläche der Kesselwand vor dem Einsetzen der Luke mit Talg an. Wird eine solche Luke vorsichtig eingesetzt und herausgenommen, so bleibt sie monatelang tauglich, ohne daß der Hanfkranz erneuert zu werden braucht.

Bindfaden in mehreren Windungen, anstatt des Hanfkranzes über den Rand der Luke gelegt, verhält sich ähnlich, jedoch verschiebt er

sich beim Einsetzen leichter, haftet nicht so gut beim Herausnehmen und wird leichter herausgeblasen, wenn die Luke undicht wird.

Beim Anziehen der Mutter ist genau und vorsichtig zu untersuchen, ob sie vielleicht eine unregelmäßige Drehung macht, was auf das Tollsein der Schraube oder auf den Bruch des Stiftes schließen läßt.

Fig. 171.



(1:4)

Fig. 171 zeigt eine Luke für die oberen Seiten der äußeren Feuerkiste. a ist ein schmiedeeiserner mit dem Kessel vernieteter Untersatz, b ein Ventil aus Rothguß, c ein auf den Untersatz a aufgeschraubter Teller; d ist eine Druckschraube für das Ventil b. Dieses und der Teller c geben einen doppelten Verschluß b c.

Um die Luken vor dem Anheizen der Locomotive auf Dichtigkeit zu untersuchen, beginnt man die Füllung des Kessels bei geschlossenem Regulator. Die Luft im Kessel wird alsdann durch das einströmende Wasser zusammengepreßt, und stehen die Dichtungen unter dem Drucke des Wassers. Sind die Luken dicht, wenn die Dampfpfeife durch die zusammengepreßte Luft bereits einen ziemlich reinen Ton giebt, so werden sie in der Regel auch bei dem zulässigen Dampfdrucke dicht bleiben. Die Füllung des Kessels wird alsdann bei geöffnetem Regulator fortgesetzt, dessen Schließung nach dem Füllen nicht zu vergessen ist.

Sollte eine Luke Wasser durchlassen, auch nur tropfenweise in langen Zwischenräumen (thränen), so lasse der Locomotivführer sich nicht verleiten, die Dichtung für tauglich zu halten; unfehlbar wird schon bei einer mäßigen Dampfspannung der Wasserdurchfluß stärker und das noch weiche Dichtungsmaterial ganz herausgeblasen werden.

Nachdem die Maschine angeheizt und die Luke erwärmt ist, läßt diese sich immer noch etwas nachziehen.

Die allergrößte Aufmerksamkeit erfordert die Luke in der Rauchkammer. Wenn diese stark Wasser durchläßt, so läuft es durch die Sieder öhren in die Feuerkiste, verlöscht das Feuer vor der Rohrwand und stellt sich leicht das Rinnen der Siederöhren ein. Wollte man, um das Wasser abzulassen, den Bolzen in dem Rauchkammerboden herausziehen, der zum Ablassen des Wassers beim Auswaschen, oder die Thüre öffnen, welche zum Entfernen der Asche dient, so träte kalte (falsche) Luft in die Rauchkammer, wodurch die Dampfentwickelung bedeutend herabgesetzt würde. Denselben Nachtheil hat auch der durch die Luke in die Rauchkammer strömende Dampf.

Beim Blasen einer Luke kann der Führer für die Dauer einer Fahrt, oft bis zum nächsten Auswaschen, sich dadurch helfen, daß er einen meißelartig zugeschnittenen Keil, am besten von trockenem Tannenholz, zwischen Luke und Kesselwand da eintreibt, wo sie Wasser durchläßt. Das trockene Holz quillt, preßt sich fest in den Zwischenraum und verschließt die undichte Stelle. Liegt letztere unter der Brücke, so kann versucht werden, diese herumzudrehen, nachdem die Mutter etwas gelöst ist. Gelingt der Versuch nicht, so bleibt, wenn der Wasserverlust zu bedeutend ist, nichts übrig als Einstellung der Fahrt, das Wasser abzulassen und der Luke eine frische Dichtung zu geben.

Bei einiger Geschicklichkeit, vorausgesetzt, daß das Wasser sich so weit abgekühlt hat, daß man sich die Hände nicht verbrennt, gelingt es auch, eine Luke herauszunehmen, frisch zu verpacken und wieder einzusetzen, ohne das Wasser abzulassen. Während der Zeit, in welcher die Luke mit frischer Verpackung versehen wird, ist die Lukenöffnung mit einem Holzpflocke oder Putzwolle zu verstopfen. Der Regulator bleibt geschlossen, damit das Wasser beim Herausnehmen und Einsetzen der Luke nicht zu stark ausströmt. In diesem Falle muß ein mit einem sehr steifen Kitte zubereiteter Hanfkranz recht fest um den Rand der Luke gelegt werden, damit er beim Einsetzen der Luke nicht durch das ausströmende Wasser beschädigt wird. Der Führer kann in den Fall kommen, diesen Versuch machen zu müssen, wenn die

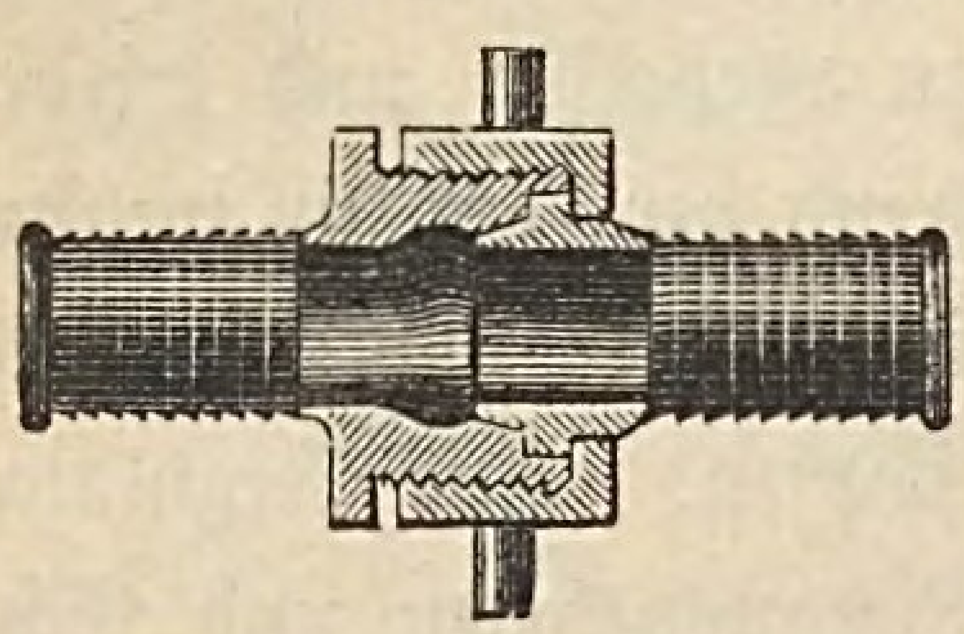
Maschine auf einem Bahnhofe ist, wo sich keine Füllungsvorrichtung oder kein Speisewasser befindet.

Gelingt der Versuch nicht, so kann die Maschine dadurch gefüllt werden, daß man sie bei geöffneten Pumpen, vorausgesetzt, daß diese durch Excentrics betrieben werden, und daß der Tender Wasser hat, durch eine andere Maschine herumfahren läßt; der Regulator ist dabei zu öffnen und die Steuerung mit der Fahrtrichtung zu verlegen.

Bei der Luke, wie sie Fig. 169 und 170 zeigen, kann eine Dichtung auch vorgenommen werden, wenn der Kessel Dampf hat, man muß sich aber damit begnügen, nur die äußere Dichtungsfläche frisch zu verpacken.

Wenn der Locomotivkessel ausgewaschen werden müßte, aber die Betriebsverhältnisse, die Oertlichkeit oder andere Umstände, z. B. Wassermangel, dieses nicht erlauben, so kann der Schlamm zum Theil dadurch entfernt werden, daß man das Kesselwasser bis zum untersten Probirhahne mit Dampf aus dem Ablaßhahn treibt; dabei werden viele Unreinigkeiten mit aus dem Kessel gerissen. Der Führer hat sich hierbei sicher zu überzeugen, daß der Schlüssel das Vierkant des Kükens gut faßt und letzteres leicht drehbar ist, so daß es in jedem Augenblicke geschlossen werden kann, damit nicht zu viel Wasser abbläst und die Feuerkistendecke bloßgelegt wird.

Fig. 172. *(1:8)*



Schlauchverbindungsstück.

Es kann im Locomotivschuppen vorkommen, daß die Locomotive nicht so nahe an den Hahn herangefahren werden kann, aus dem das Wasser zum Auswaschen entnommen wird, daß ein Füllschlauch bis an die Reinigungsöffnungen reicht.

Fig. 172 zeigt ein Zwischenstück, durch welches zwei Schläuche verbunden werden können.

III. Naturlehre.

Im Laufe der Abhandlung über den Locomotivkessel und seine Armatur ist der Leser auf die Ausdrücke: Atmosphäre, Dampfdruck, Temperatur, Sieden, Wärmeleitung, Manometer, Pferdekräfte u. s. w. gestoßen, zu deren Verständniß wir es für zweckentsprechend halten, denjenigen Lesern, welche keine Gelegenheit hatten, sich mit der Naturlehre zu beschäftigen, diejenigen Gesetze dieser Wissenschaft in gedrängter Kürze und gemeinfaßlicher Weise vorzuführen, welche zum Verständnisse aller Vorgänge bei dem Locomotivkessel und dessen Nebentheilen nöthig sind.

1. Luftdruckmesser (Barometer). Alle Körper sind schwer, d. h., nicht unterstützt fallen sie zur Erde. Den Druck, welchen ein Körper auf seine Unterlage ausübt, nennen wir sein Gewicht und drücken dasselbe durch uns bekannte und gewählte Einheiten aus, z. B. durch Gramme, Kilogramme, Centner u. s. w.

Fassen wir gleichzeitig den Raum in's Auge, welchen ein Körper einnimmt, so wird ein zusammenpreßbarer Körper bei demselben Rauminhalt um so mehr wiegen, je stärker er zusammengepreßt ist, es wiegt z. B. ein Cubikcentimeter stark zusammengehämmertes Blei mehr als ein Cubikcentimeter lose gegossenes.

Die atmosphärische Luft ist ein sehr zusammenpreßbarer Körper, es läßt sich z. B. eine große Menge davon in den Kolben einer Windbüchse pressen. Die Luft umgiebt unsere Erde überall bis zu einer Höhe von etwa fünfzig Kilometern. Denken wir uns diese Entfernung in lauter übereinanderlagernde Schichten getheilt, so drückt die oberste Schicht auf die vorletzte, diese beiden auf die drittoberste,

sie zusammen auf die vierte u. s. w. bis zur Erde hin; es hat also jede tiefer liegende Schicht der Luft eine Schicht mehr zu tragen als die nächst höher liegende, sie ist deshalb in jeder tieferen Schicht mehr zusammengepreßt. Hieraus folgt, daß die Luft von oben nach unten immer schwerer wird und unmittelbar am Erdboden am schwersten ist.

Denken wir uns ganz nahe der Erde eine Fläche von 1 qcm, so ruht auf dieser eine Luftsäule von fünfzig Kilometern Höhe.

Fünfzig Kilometer sind = 50 × 1000 m = 50 × 1000 × 100 cm = 5 Millionen Centimeter, es hat der an der Erde gedachte Quadratcentimeter eine Luftsäule von 50 Millionen Cubikcentimeter zu tragen. Das Gewicht der Luft in unmittelbarer Nähe der Erde ist uns bekannt, von den höher gelegenen Schichten wissen wir, daß sie immer leichter und leichter und schließlich sogar unwägbar werden, ohne jedoch von jedem Cubikcentimeter in den verschiedenen Höhen das Gewicht angeben zu können. Wie viel wiegt aber die ganze 50 Kilometer hohe Säule, also die 50 Millionen Cubikcentimeter, oder, was dasselbe sagt, welchen Luftdruck hat in unmittelbarer Nähe der Erde eine Fläche von einem Quadratcentimeter zu erleiden?

Wir wollen es untersuchen. Nehmen wir eine an dem einen Ende geschlossene Glasröhre von etwa 820 mm Länge mit einem Querschnitte von 1 qcm, füllen dieselbe bis zum Rande mit ausgekochtem, also luftleeren Quecksilber, schließen das offene Ende mit dem Finger, drehen alsdann die Röhre um und tauchen das offene Ende in ein Gefäß mit Quecksilber, so wird, wenn man den Finger wegzieht, das Quecksilber in der Röhre sinken, jedoch nicht bis zur Höhe des Quecksilbers in dem Gefäße; es bleibt etwa 760 mm = 76 cm hoch stehen, Fig. 173. Ueber dem Quecksilber in der Röhre ist nun eine Luftleere. In der Glasröhre befinden sich 76 ccm Quecksilber, welche schwer sind und deshalb das Bestreben haben niederzusinken. Da sie hieran durch eine feste Unterlage nicht gehindert werden, so schließen wir richtig, daß irgend eine andere Kraft sie hochhält, also trägt.

Dieses ist so: sie wird hochgehalten von der Luftsäule, welche auf das Quecksilber des offenen Gefäßes drückt.

Die beiden Säulen von 50 Kilometer Luft und die von 76 cm Quecksilber halten sich das Gleichgewicht; keine steigt, keine fällt, es müssen daher beide Säulen gleich schwer sein.

Das Quecksilber in dem offenen Gefäße ist gleichsam der Wagebalken, auf dem die beiden Säulen sich schaukeln. Das Gewicht der Quecksilbersäule giebt uns das Gewicht der Luftsäule an.

Von der Höhe des Quecksilbers in dem Gefäße an gerechnet befinden sich in der Röhre 76 ccm. 1 ccm Quecksilber wiegt 13,596 g, also der ganze Inhalt 76 $\times$ 13,596 g = 1033 g = 1,033 kg. Genau so viel wiegt nun auch die fünfzig Kilometer hohe Luftsäule von 1 qcm Querschnitt und genau so groß ist der Luftdruck, also:

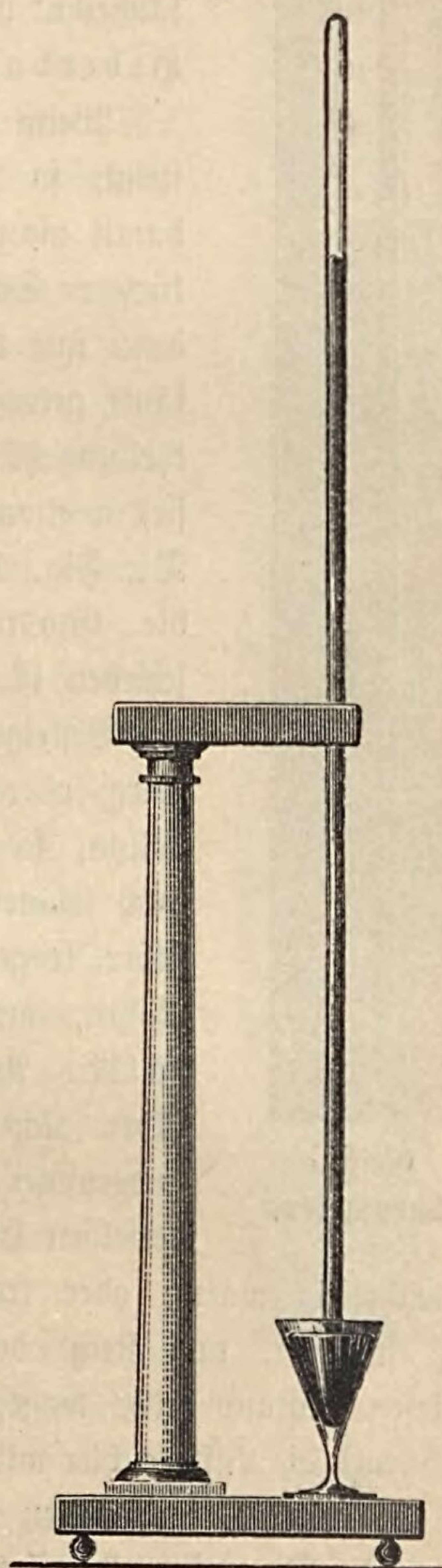
1,033 kg auf ein qcm.

Man nennt diesen Druck den natürlichen Atmosphärendruck oder kurzweg eine Atmosphäre.

Für gewöhnlich vernachlässigt man den Bruchtheil und rechnet **1 Atm. = 1 kg auf 1 qcm.**

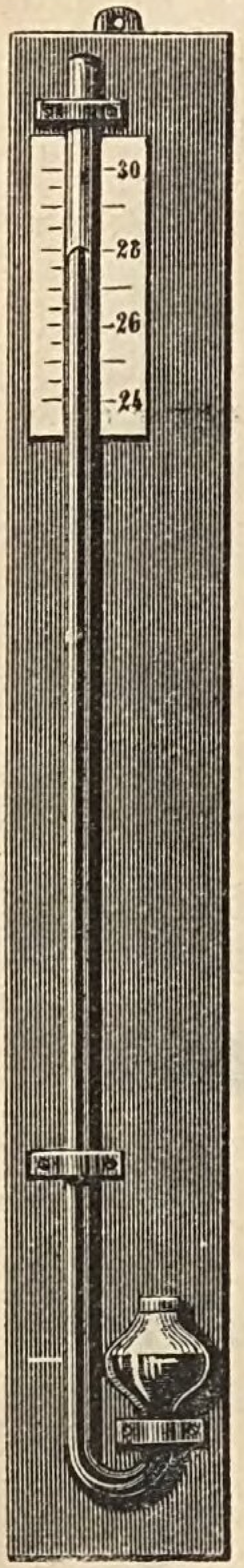
Die Vorrichtung, mit welcher wir den Luftdruck gemessen haben, heißt Barometer, welches also ein Luftdruckmesser ist.

Fig. 173.



Luftdruckmesser.

Fig. 174.



Gefäß-
barometer.

Das Barometer hat die Einrichtung der Fig. 174, welche Gefäßbarometer heißt, oder es besteht aus einer gekrümmten Glasröhre, Fig. 175, mit einem längeren und einem kürzeren Schenkel, welche man Heberbarometer nennt.

Wenn in dem längeren Schenkel das Quecksilber steigt, so fällt es in dem kürzeren und umgekehrt; damit man die Oberfläche des Quecksilbers in dem kürzeren Schenkel immer auf den Nullpunkt setzen kann, denn nur die Säule über dieser wird von der Luftsäule getragen, ist es nöthig, daß oben die Gradtheilung (Scala) (Fig. 175) und die Röhre zum Einstellen etwas gegen einander verschoben werden können. Die Fig. 175 zeigt, wie durch eine Stellschraube s die Glasröhre gegen die Gradtheilung zu verschieben ist.

Besteigen wir mit einem Barometer einen hohen Berg, oder erheben uns mit demselben in einem Luftballon, so wird die Luftsäule über uns kürzer, also auch leichter, und sie kann nicht mehr 76 cm Quecksilber tragen, dieses sinkt deshalb in der längeren Röhre, man sagt gewöhnlich: das Barometer fällt. Auch an demselben Orte steht das Quecksilber nicht immer gleich hoch, weil die Luft Veränderungen unterworfen ist, welche auf die Schwere derselben Einfluß haben; sie kann z. B. feucht und gleichzeitig warm, oder trocken und dabei kalt sein. Letztere Luft ist schwerer, und steigt deshalb das Barometer, wenn die Luft in diesen Zustand tritt, wogegen es fällt, wenn durch Feuchtigkeit und Wärme die Luft leichter wird. Die Erfahrung lehrt, daß im ersteren Falle heiteres, im zweiten regnerisches Wetter zu erwarten ist.

2. **Dampfdruckmesser (Manometer).** Denken wir uns das Gefäß des Gefäßbarometers geschlossen und luftleer gepumpt, so muß

das Quecksilber der Röhre in das Gefäß niedersinken, weil der Gegendruck der Luft aufhört. Leiten wir nun durch ein anschließendes Kupferrohr Dampf in das Gefäß, Fig. 176, und dieser drückt das Quecksilber 76 cm hoch in die Röhre hinein, so wirkt er so viel, wie vorher der Luftdruck, wir sagen: Der Dampf hat eine Spannung von *einer* Atmosphäre oder er drückt mit 1 kg auf 1 qcm.

Ist die Glasröhre einige Mal länger (aber immer luftleer), und der eingeleitete Dampf drückt das Quecksilber 2×76 cm, 3×76 cm, 4×76 cm u. s. w. in die Röhre hinein, so hat der Dampf eine Spannung von 2, 3, 4 u. s. w. Atmosphären oder er drückt mit 2, 3, 4 . . . u. s. w. kg auf *einen* Quadratcentimeter.

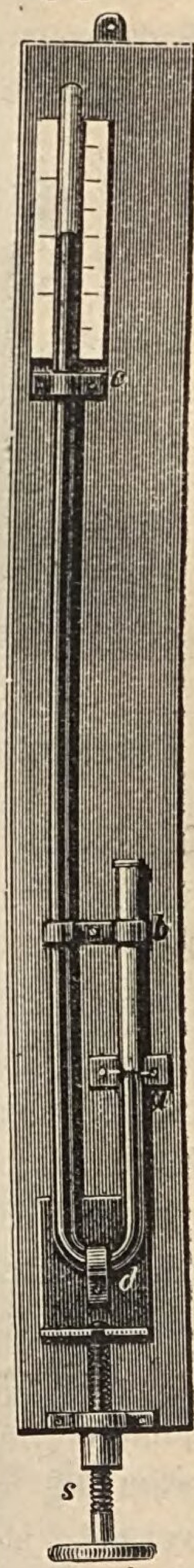
Wenn, statt der oben geschlossenen und luftleeren, eine offene Röhre eingepaßt wird und der Dampf hebt nun das Quecksilber 1×76, 2×76, 3×76 u. s. w. Centimeter hoch, so hat er nicht 1, 2, 3 Atmosphären Spannung, sondern immer eine Atmosphäre mehr, weil er in diesem Falle den Druck des Quecksilbers und den Luftdruck über demselben überwindet, man sagt, der Dampf hat so und so viel Atmosphären *Ueberdruck*, d. i. über den natürlichen Atmosphärendruck. Eine solche oben offene Vorrichtung heißt *offenes Quecksilbermanometer*.

Es findet sich:

1. Bei vielen stehenden Dampfkesseln, zur Erkennung der Dampfspannung an Stelle von Federmanometern;

2. in größeren Locomotivwerkstätten zum Probiren der Kessel mit Wasserdruck an Stelle von Metallprüfungsmanometern;

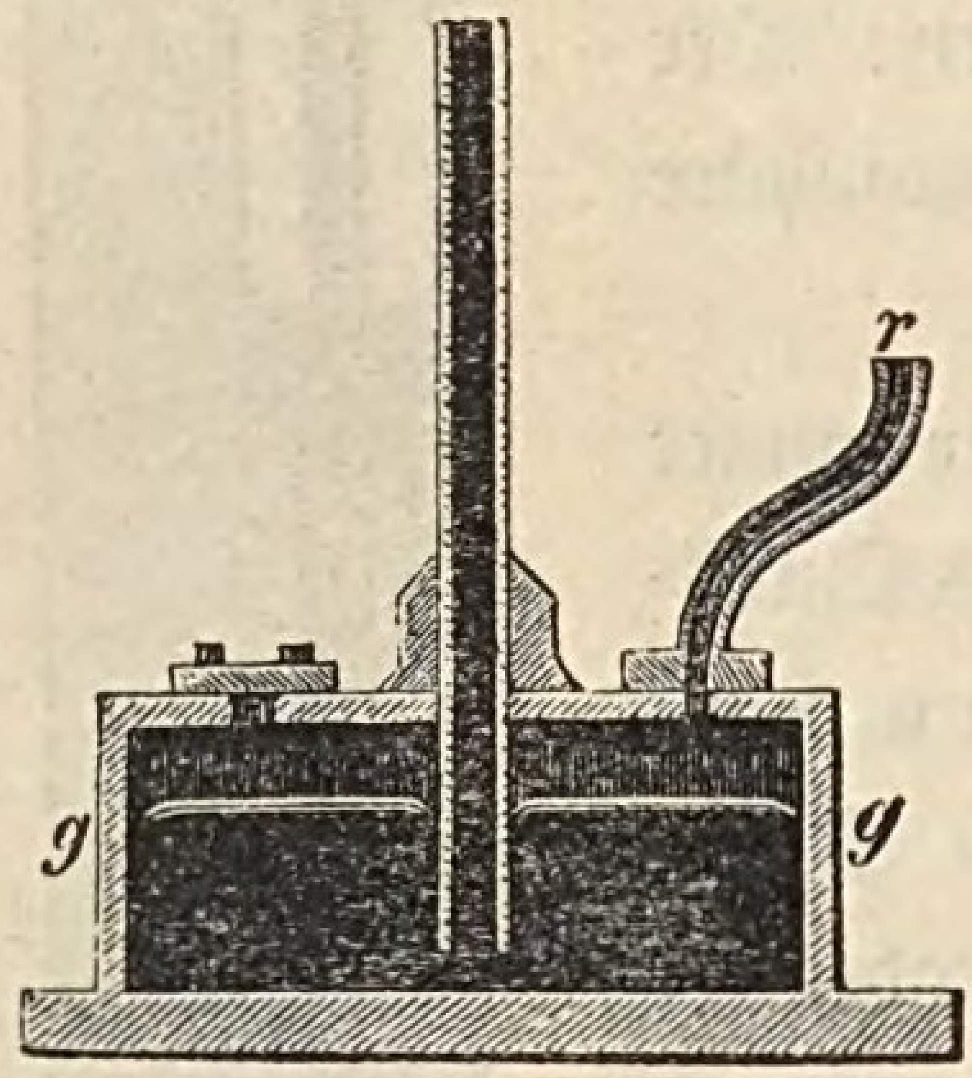
Fig. 175.



Heberbarometer.

3. in größeren Locomotivschuppen, zur Untersuchung, ob die Sicherheitsventile richtig belastet sind und ob die Federmanometer den Dampfdruck richtig anzeigen.

Fig. 176.



Offenes Quecksilbermanometer.

Ein offenes Quecksilbermanometer ist die einzige immer richtig zeigende und untrügliche Vorrichtung zum Messen von Dampf-, Luft- und Wasserdruck. (Fig. 177).

3. Die Pumpen. Quecksilber ist der schwerste von allen bei gewöhnlicher Wärme flüssigen Körpern, es wird deshalb, wenn wir ein Barometer mit einer anderen Flüssigkeit herstellen, die von dem Atmosphärendruck getragene Säule höher sein, und zwar um so höher, je leichter die Flüssigkeit ist. Wasser ist ungefähr 13,5 Mal leichter als Quecksilber, es ist deshalb die Wassersäule, welche der Luftdruck tragen kann, 13,5 Mal höher als die Quecksilbersäule, d. i. $13{,}5 \times 76$ cm $= 1026$ cm $= 10{,}26$ m. Wir machen uns diesen Umstand bei den Saugpumpen zu Nutze. Eine solche (Fig. 178) besteht aus dem hohlen Cylinder B, Pumpenstiefel genannt, mit dem luftdicht anschließenden Kolben A und dem Saugrohre C. Der Kolben ist durchbrochen und hat eine Klappe, Ventil, welche sich nur nach oben öffnen kann; eine zweite, ebenfalls nur nach oben sich öffnende Klappe liegt zwischen dem Stiefel und dem Saugrohr. Wird der Kolben in die Höhe gezogen, so schließt sich sein Ventil, und in dem Stiefel entsteht eine Luftverdünnung; das Wasser beginnt in Folge dessen in dem Saugrohr zu steigen. Beim Niedergehen des Kolbens schließt sich das Ventil des Saugrohres, Saugventil, so daß die Luft nicht zurückgepreßt werden kann, sie tritt durch das sich gleichzeitig öffnende Ventil des Kolbens über denselben. Wiederholt sich das Spiel des Kolbens oft genug, so wird schließlich das Wasser in den Stiefel und über den Kolben treten, so

daß es beim Aufgange desselben gehoben wird und bei E ausfließt. In dieser Weise wirkt die gewöhnliche Haus- und Straßenpumpe.

Da unter dem Kolben eine völlige Luftleere nicht zu erzielen ist, weil er nie ganz dicht in dem Stiefel anliegt und sonstige Undichtigkeiten in der Pumpe nicht zu vermeiden sind, auch das Wasser selbst Luft enthält, so kann es nicht ganz 10,26 m steigen, es bleibt immer 1,5 bis 2 m unter dieser Höhe.

Wenn der Pumpenkolben K keine Klappe hat (Fig. 179), und über dem Saugventil sich an den Pumpenstiefel ein Rohr s, *Druckrohr*, anschließt, welches ein nach innen sich öffnendes Ventil b, *Druckventil*, hat, so ist beim Spiel des Kolbens der Vorgang folgender: das Wasser tritt zunächst wieder in den Stiefel und wird, nachdem das Saugventil a sich geschlossen, durch den Kolben beim Heruntergange durch das Druckventil b in das Druckrohr s gedrückt. Beim Heraufgange des Kolbens schließt sich das Druckventil, und das Wasser ist im Druckrohr abgeschlossen. Wiederholt sich der Vorgang, so wird immer mehr Wasser in das Druckrohr gedrückt; es kann durch eine solche *Saug- und Druckpumpe* das Wasser auf beträchtliche Höhen gebracht

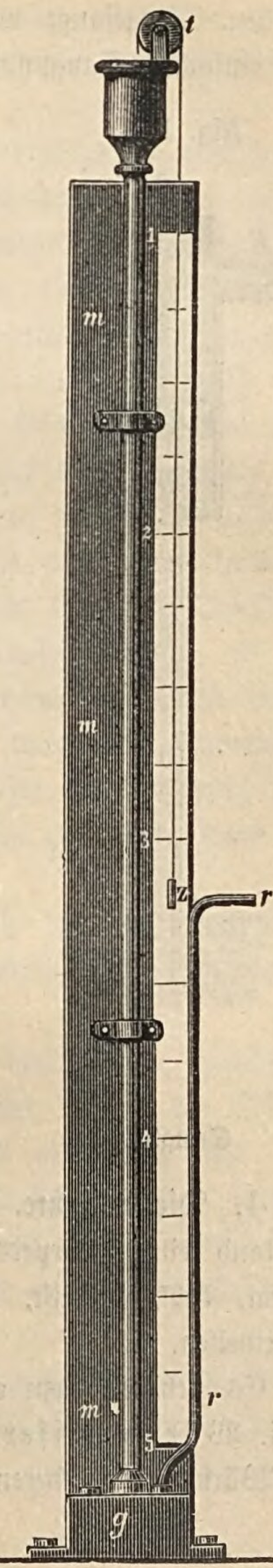
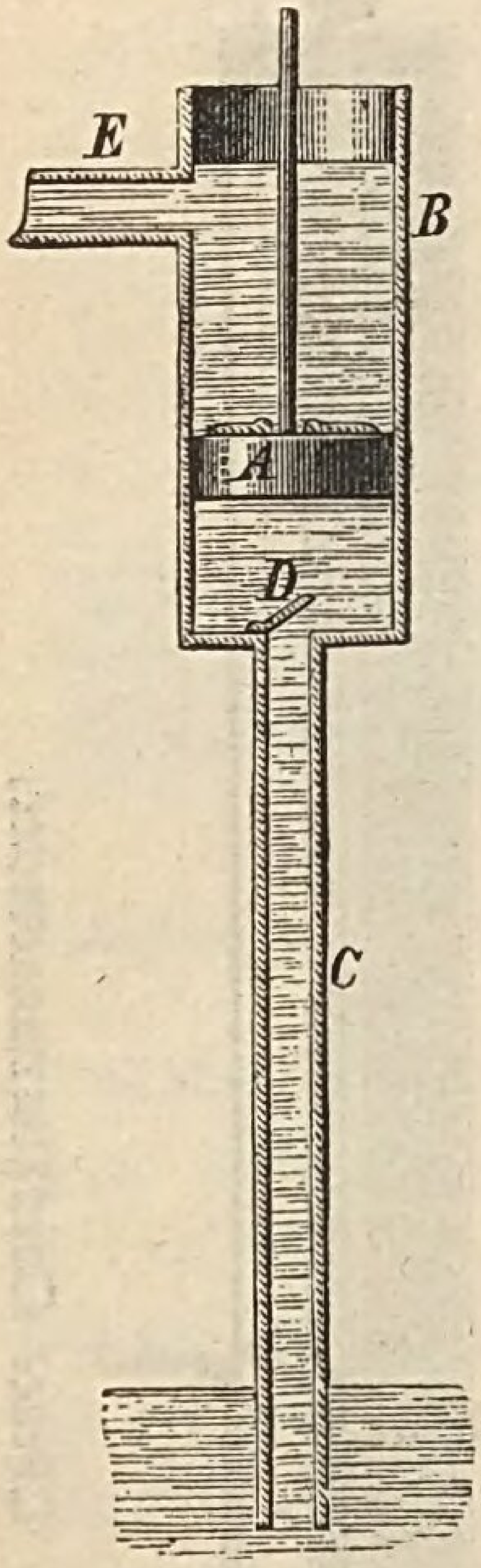


Fig. 177. Offenes Quecksilbermanometer.

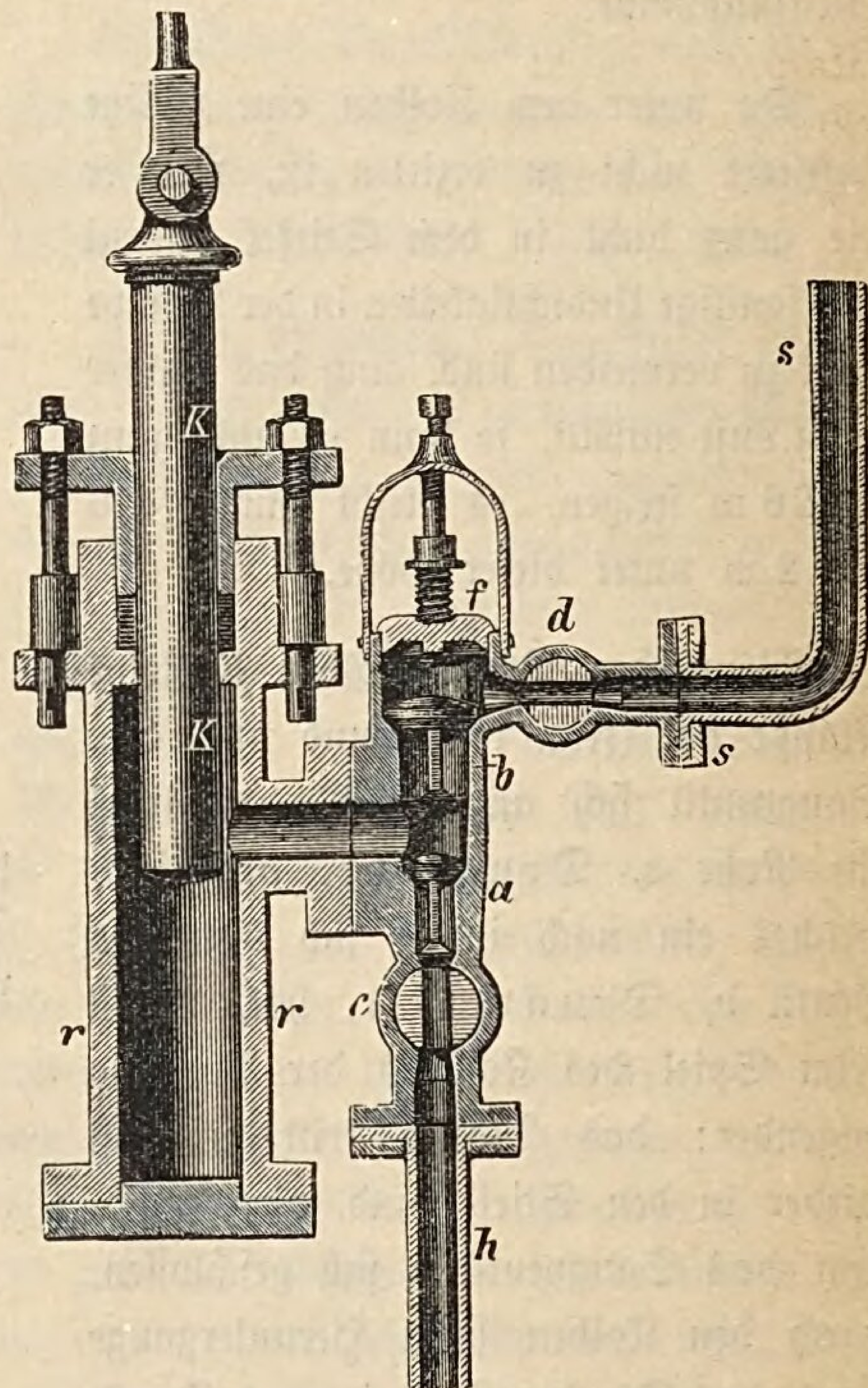
werden. Angesaugt wird es bei dieser Pumpe nicht höher als bei der einfachen Saugpumpe.

Fig. 178.



Saugpumpe.

Fig. 179.



Saug- und Druckpumpe.

4. Die Wärme. 1. Wärmemesser (Thermometer). Den Zustand eines Körpers in Bezug auf seine Wärme, ob er heiß, warm, kühl, kalt ist, können wir durch das Gefühl nur unsicher beurtheilen.

Es gehören dazu empfindliche Vorrichtungen, Thermometer, d. i. Wärmemesser, genannt, welche jedoch nicht eigentlich über die Wärme selbst, deren Wesen noch sehr wenig aufgeklärt ist, sondern

über die Eigenschaften und Wirkungen derselben Aufschluß geben, von welchen wir dann rückwärts auf die Ursache, auf die Wärme selbst schließen.

Die Wärme hat unter anderen auch die Eigenschaft, daß sie die Körper ausdehnt; z. B. rücken zwei im Winter mit einem kleinen Abstande von einander gelegte Eisenbahnschienen im Sommer nahe an einander. Untersuchungen haben ergeben, daß die Ausdehnung eines Körpers gleichzeitig mit der Wärmezunahme wächst; wir benutzen diesen Umstand, um den Wärmezustand (*Temperatur*) eines Körpers zu bestimmen. Sehr geeignet zur Beobachtung der Ausdehnung ist Quecksilber. Die unter Benutzung dieses Metalles eingerichtete Vorrichtung zum Messen der Wärme nennt man *Quecksilberthermometer*. Ein solches besteht aus einer luftleeren Glasröhre mit angeblasener Kugel, welche zum Theil mit Quecksilber gefüllt ist. Taucht man die Röhre in schmelzendes Eis, so wird nach einiger Zeit das Quecksilber bis zu einem bestimmten Punkte reichen und unveränderlich stehen bleiben, so lange noch schmelzendes Eis in dem Gefäße ist; es wird unter dieser Voraussetzung selbst dann nicht steigen, also auch die Wärme nicht zunehmen, wenn das Gefäß in Feuer gesetzt wird.

Es liegt demnach hier ein fester Punkt, den man *Gefrierpunkt* nennt; er wird mit einem feinen Striche auf der Glasröhre angedeutet und mit 0 (Null) bezeichnet.

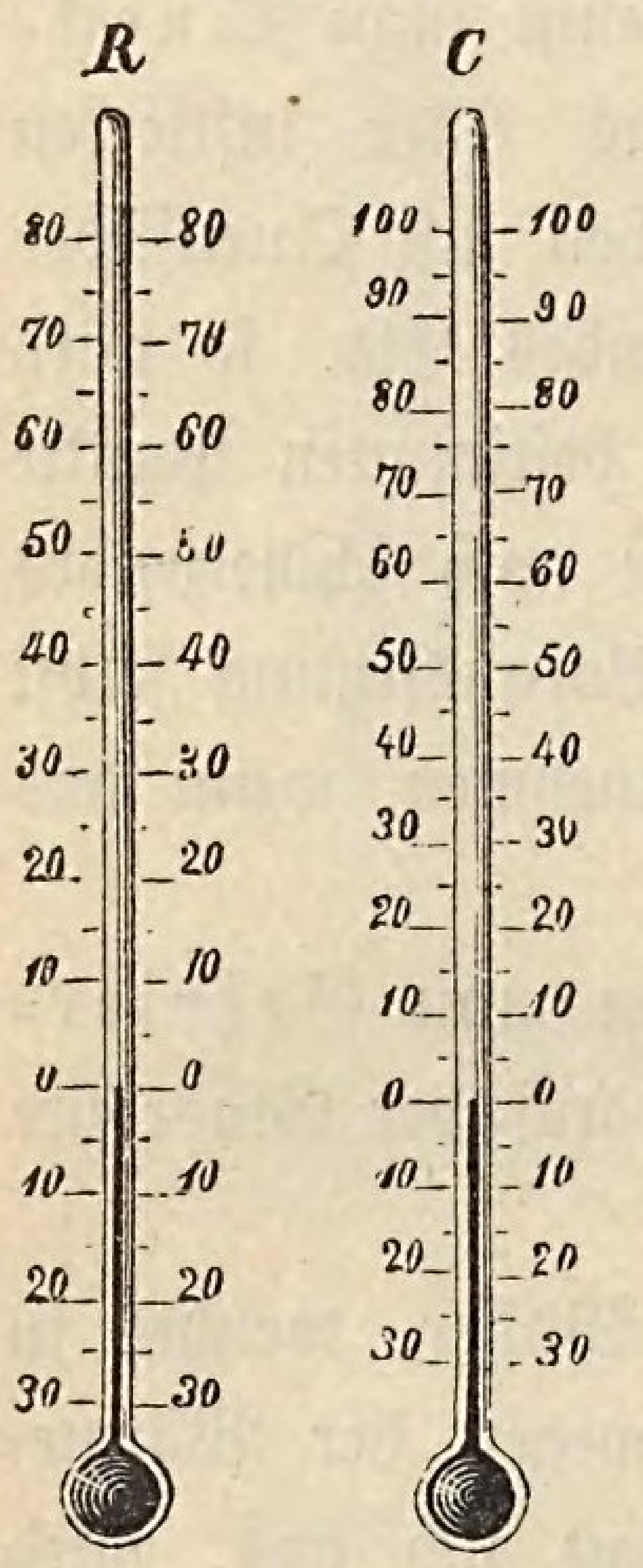
Hält man nun die Röhre in Dampf von Wasser, welches in einem offenen Gefäße siedet (kocht), so steigt, wegen der Wärmezunahme, das Quecksilber in der Röhre, es dehnt sich aus, wird aber auch in diesem Falle bald unveränderlich stehen bleiben, so lange das Wasser kocht; wir erhalten also hierdurch einen zweiten festen Punkt, den *Siedepunkt*, welcher ebenfalls durch einen Strich auf dem Glase angedeutet wird.

Der auf diese Weise gefundene Abstand zwischen dem *Gefrier*- und dem *Siedepunkte* wird etweder in 100 gleiche Theile (Grade), Fig. 181, oder in 80 gleiche Theile getheilt, und werden von diesen

Theilen, **Grade** genannt, auch unter 0 aufgetragen. Das Thermometer mit 100 Theilen zwischen dem Gefrier= und Siedepunkt ist von **Celsius**, das Thermometer mit 80 Theilen von **Réaumur**. 100 Grade Celsius sind gleich 80 Grade Réaumur, demnach ist 1 Grad Celsius gleich $^{80}/_{100} = {}^{8}/_{10} = {}^{4}/_{5} = 0{,}8$ Grad Réaumur, und 1 Grad Réaumur ist gleich $^{100}/_{80} = {}^{10}/_{8} = 1^{1}/_{4} = 1{,}25$ Grad Celsius.

Frage: a. Wie viel Grad Réaumur sind 30 Grad Celsius?
b. Wie viel Grad Celsius sind 27 Grad Réaumur?

Fig. 180. Fig. 181.



Réaumur= Celsius= Thermometer.

Die Eintheilung der Thermometer zwischen dem Gefrier= und Siedepunkt ist willkürlich; unsere Angaben beziehen sich auf die hunderttheilige Gradeintheilung von Celsius. Die Grade über 0 nennt man **Wärmegrade** und bezeichnet sie mit + (plus), die unter 0 heißen **Kältegrade**, sie werden mit — (minus) bezeichnet. Bei den Wärmegraden läßt man das +=Zeichen gewöhnlich fort.

Man muß durch die Bezeichnung „**Kältegrade**" sich nicht verleiten lassen, anzunehmen, daß in einem Körper, dessen Wärme unter 0 Grad gesunken ist, keine Wärme mehr sei; dieses ist dennoch der Fall, was schon daraus hervorgeht, daß die Wärme immer noch abnehmen, also immer noch Wärme aus dem Körper entweichen kann.

Grad bezeichnet man mit ^{0}, z. B. 23^0 C. heißt 23 Grad Celsius.

Wasser kann auch unter 0^0 erkalten, ohne daß es gefriert, und zwar tritt dieses ein, wenn es ganz luftleer ist und durchaus ruhig im Gefäße steht. Die Wärme kann dann bis — 10^0 und darunter sinken, bevor die Eisbildung beginnt. Sofort jedoch, wenn das Wasser eine kleine Erschütterung erleidet, gefriert die ganze Masse plötzlich bis auf einen kleinen

Theil, welcher (die Wärme steigt von — 10° auf 0°) durch die frei werdende Wärme flüssig gehalten wird.

2. Ausdehnung der Körper. Die Ausdehnung der verschiedenen Körper ist bei derselben Wärmezunahme nicht gleich groß; durch genaue Messungen ist sie für viele Körper festgestellt.

Bei der Wärmezunahme von 0°—100° dehnt sich:

Schmiedeeisen	um	$^1/_{812}$	der ursprünglichen Länge aus.
Stahl, ungehärtet	„	$^1/_{927}$	
„ gehärtet	„	$^1/_{807}$	
Gußeisen	„	$^1/_{901}$	
Kupfer	„	$^1/_{582}$	
Messing	„	$^1/_{535}$	
Blei	„	$^1/_{351}$	
Zink	„	$^1/_{340}$	
Zinn	„	$^1/_{516}$	

Ein Locomotivkessel z. B. von 5 m = 5000 mm dehnt sich also bei einer Wärmezunahme von 0°—100° um $^1/_{812}$ seiner Länge, d. i. um $^{5000}/_{812}$ = 6,15 mm aus.

Bei Dampfkesseln empfiehlt es sich nicht, zwei durch Nietung oder sonst fest verbundene Theile aus verschiedenen Metallen (wenn angänglich) herzustellen, weil bei der ungleichen Ausdehnung ein Verziehen dieser Theile oder eine Verschiebung gegen einander eintreten kann, z. B. werden messingene Sieteröhren sich wegen der größeren Ausdehnung in dem schmiedeeisernen Kessel zu verschieben suchen.

Wasser macht von dem für alle Körper gültigen Gesetze der Ausdehnung eine Ausnahme, indem es bei + 4° den kleinsten Raum einnimmt und sich sowohl bei Wärmezunahme wie auch -Abnahme ausdehnt. Eis ist leichter als Wasser und schwimmt, während ein Stück Blei in geschmolzenem Blei untersinkt. Der Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren kann nichts widerstehen; die stärksten Rohrleitungen werden durch in denselben gefrierendes Wasser gesprengt.

3. Schmelzen. Zu den weiteren Eigenschaften der Wärme gehört die, daß sie feste Körper flüssig und flüssige luftförmig macht.

Die drei Zustände des Körpers (fest, flüssig, luftförmig) nennt man die Aggregatzustände: die Wärme ändert also den Aggregatzustand eines Körpers. Einen festen Körper durch Wärme flüssig machen nennt man, denselben schmelzen.

Wir haben schon gelernt, daß schmelzendes Eis unveränderlich eine Wärme von 0° hat, auch wenn durch Feuer immer mehr Wärme zugeführt wird. Die zugeführte Wärme hat dazu gedient, den festen Körper in den flüssigen Zustand überzuführen; das Thermometer zeigt sie nicht an, sie ist unfühlbar, man sagt, sie ist gebunden (oder latent).

Ein kg Wasser von 0° hat mehr Wärme als ein kg Eis von 0°, was durch folgenden Versuch bewiesen wird. Schüttet man zu einem kg Eis ein kg Wasser von 80°, so entstehen daraus nicht zwei kg Wasser von 40°, sondern zwei kg von 0°. Die 80° fühlbare Wärme des einen kg Wasser stecken nun in einem kg Wasser von 0°, aber gebunden. Umgekehrt müssen, wenn ein kg Wasser von 0° zu Eis wird, 80° frei (fühlbar) werden, was in der That der Fall ist.

Wenn sich in der Luft Schnee bildet, so gefrieren große Wassermassen; die frei werdende Wärme wird fühlbar: vor dem Schneien wird das Wetter milder.

Schmelzpunkte einiger Körper:

Schmiedeeisen		1500°–1600°
Stahl		1300°–1400°
Gußeisen . . .	weißes	1050°
	graues	1200°
Kupfer		1100°–1200°
Bronze		900°
Antimon		432°
Zink		360°
Blei		330°
Wismuth		260°
Zinn		230°
Eis		0°
Terpentinöl		–10°
Quecksilber		–39°

4. Sieden. Viele flüssige Körper werden durch die Wärme in den luftförmigen Zustand übergeführt, jedoch werden auch einige feste Körper luftförmig, ohne vorher flüssig geworden zu sein, z. B. Kampher.

Wasser verwandelt sich bei jeder Wärme (und Kälte) in den luftförmigen Zustand, auch Eis und Schnee verschwinden, ohne vorher zu Wasser geworden zu sein. Man nennt den Uebergang des Wassers in den luftförmigen Zustand bei niedriger Wärme im gewöhnlichen Leben Verdunstung. Diese geht um so rascher vor sich, je größer die Wärme ist. Beim Siedepunkte (100°) tritt die Verdampfung ein. Verdunsten und Verdampfen unterscheiden sich dadurch, daß ersteres nur an der Oberfläche, letzteres dagegen in der ganzen Flüssigkeit vor sich geht. Mit dem Verdampfen ist die Bildung von Bläschen in der Flüssigkeit und dadurch das Aufbrausen dieser verbunden.

Wasser kann erst dann sieden, wenn die im Innern sich bildenden Dampfblasen eine solche Spannung haben, daß sie den auf dem Wasser ruhenden Luftdruck überwinden können, sie müssen also bei dem Sieden in einem offenen Gefäß mindestens eine Atmosphäre Spannung haben.

Der Luftdruck ist nun nicht immer gleich groß, an höher gelegenen Orten ist er kleiner als an tiefer gelegenen, wie wir bei der Abhandlung über das Barometer kennen gelernt haben, es ist daher der Siedepunkt eigentlich kein fester Punkt; der Abhandlung über das Thermometer ist demnach noch hinzuzusetzen, daß bei einem guten, zu feinen Untersuchungen dienenden Thermometer angegeben sein muß, bei welchem Barometerstande der Siedepunkt gefunden ist.

Damit die Thermometer übereinstimmen, nehmen die meisten Mechaniker die Anfertigung dann vor, wenn das Barometer auf 28 Pariser Zoll steht.

Abgesehen hiervon bleibt während des ganzen Verlaufes des Siedens in einem offenen Gefäße die Wärme — bei Wasser 100° —

dieselbe. Die durch Nachfeuern mehr zugeführte Wärme dient nur dazu, das Wasser schneller in die Dampfform überzuführen.

In diesem Falle enthält der Dampf gebundene Wärme; wir wollen untersuchen, wie viel?

Diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, 1 kg Wasser um 1^0 mehr zu erwärmen, nimmt man als Wärmeeinheit an und nennt sie Calorie; um 1 kg Wasser von 0^0 auf 100^0 zu erwärmen, sind 100 Calorien erforderlich; um 100 kg Wasser von 0^0 auf 1^0 zu erwärmen, ebenfalls 100 Calorien. Um die Anzahl der Calorien zu finden, hat man nur die Anzahl der kg Wasser mit der Anzahl der Wärmegrade zu vervielfältigen, z. B.:

In 3 kg Wasser von 20^0 sind $3 \times 20 = 60$ Calorien,
„ 180 „ „ „ 100^0 „ $180 \times 100 = 18000$ „
„ 1000 „ „ „ 1^0 „ $1 \times 1000 = 1000$ „
enthalten.

Leiten wir den Dampf von 100 kg Wasser, welcher also 100^0 fühlbare Wärme und $100 \times 100 = 10000$ Calorien hat, in 540 kg Wasser von 0^0, so erhalten wir 640 kg Wasser von 100^0, welche

$640 \times 100 = 64000$ Calorien enthalten.

Vorher hatten wir 100 kg Dampf von 100^0, also:

$100 \times 100 = 10000$ Calorien,

demnach jetzt:

$$\begin{array}{r} 64000 \\ -\ 10000 \\ \hline 54000 \end{array}$$ Calorien mehr,

welche vorher nicht fühlbar in den 100 kg Dampf steckten. In 1 kg Dampf sind demnach $54000 : 100 = 540$ Calorien verborgen, nicht fühlbar, also gebunden. Die fühlbare und gebundene Wärme ist in 1 kg Dampf also gleich $100 + 540 = 640$ Wärmegrade.

Wird der Dampf in einem geschlossenen Gefäße entwickelt, so sammelt er sich über dem Wasser und hat bei anhaltender Nachfeuerung bald eine größere Spannung als eine Atmosphäre, drückt also mit mehr als 1 kg auf das Quadratcentimeter. Der Siede-

punkt kann nun nicht mehr bei 100° liegen. Ohne Erhöhung der Wärme des Wassers geht die Dampfentwickelung nicht mehr in der ganzen Wassermasse vor sich, weil die im Innern sich bildenden Dampfblasen den Druck nicht überwinden und deshalb nicht in die Höhe steigen können. Das Wasser wird heißer als 100°. Der Siedepunkt liegt um so höher, je größer die Dampfspannung ist.

Es liegt der Siedepunkt bei:

1 Atmosphäre	bei	100°
2 "	"	$120,_6{}^0$
3 "	"	$133,_9{}^0$
4 "	"	144°
5 "	"	152°
6 "	"	$159,_2{}^0$
7 "	"	$165,_3{}^0$
8 "	"	$170,_8{}^0$
9 "	"	$175,_8{}^0$
10 "	"	$180,_3{}^0$
11 "	"	$184,_5{}^0$
12 "	"	$188,_4{}^0$

Die Zusammenstellung lehrt, daß die fühlbare Wärme des Wassers bei derselben Zunahme an Spannung immer weniger zunimmt.

Mit der gebundenen Wärme ist es umgekehrt, sie nimmt mit Zunahme der Spannung ab. Wenngleich nicht ganz richtig, doch für gewöhnliche Fälle genau genug, nimmt man an, daß bei allen Spannungen die Summe aus der fühlbaren und gebundenen Wärme immer gleich groß und zwar 640° ist.

Völlig luftleeres Wasser, welches sich in vollkommenster Ruhe befindet, kann bedeutend heißer werden, als es bei dem augenblicklichen Drucke des Dampfes bezw. der atmosphärischen Luft eigentlich sein sollte; z. B. in einem Dampfkessel herrscht ein Druck von 8 Atmosphären, die zugehörige Wärme ist dann $170,_8{}^0$; nun kann unter obigen Voraussetzungen bei derselben Spannung die Wärme größer werden, wir wollen annehmen, sie wird $175,_8{}^0$; es steckt dann in dem Wasser Wärme, die schon hätte Dampf entwickeln müssen, und zwar so viel, daß die Spannung auf 9 Atmosphären gestiegen wäre. Das Wasser hat einen Theil Wärme, der ihm nicht zukommt; man nennt diese Erscheinung S i e d e v e r z u g, (das Sieden verzögert sich).

Wie bei dem unter 0^0 erkalteten Wasser eine Erschütterung die plötzliche Erstarrung der ganzen Wassermasse zur Folge hat, so bewirkt in diesem Falle eine Erschütterung, daß die überschüssige Wärme frei wird und plötzlich eine ungemein heftige und stoßweise Entwickelung des Dampfes bewirkt. Die Spannung steigt in einem Augenblicke mit einem starken Rucke von 8 auf 9 Atmosphären. Man hat dieser Erscheinung schon anderweitig nicht zu erklärende Kesselberstungen zur Last gelegt.

Der Umstand, daß solche in dem Augenblicke des Anfahrens der Locomotive, also beim Eintritte der Erschütterung, stattgefunden haben, hat die Verfechter der Ansicht über die Gefährlichkeit des Siedeverzugs in ihrer Meinung bestärkt.

Auffallender Weise siedet Wasser nicht sofort, wenn es auf eine glühende Metallplatte gegossen wird, sondern es zerfällt in kleine Kugeln, welche wie ausgegossenes Quecksilber auf der Fläche herumrollen und durch Verdunstung an der Oberfläche immer kleiner werden. Nachdem die Platte sich etwas abgekühlt hat, fallen die Kugeln zusammen, das Wasser kommt plötzlich in heftiges Sieden und spritzt nach allen Richtungen aus einander.

Ein solcher Vorgang wird im Locomotivkessel eintreten, wenn die Feuerkistendecke glühend geworden ist; das zugepumpte Wasser tanzt zunächst in Kugelform auf der Decke herum; fließt immer mehr zu, so rücken die Kugeln näher an einander und bilden schließlich eine dünne Schicht Wasser, die jedoch nicht auf der Decke liegt, sondern durch den unter derselben befindlichen Dampf hoch gehalten wird, aber, nachdem die Decke sich etwas abgekühlt hat, jedoch immer noch sehr heiß ist, auf die Decke niederfällt: es erfolgt dann eine plötzliche Dampfentwickelung, welche ebenfalls häufig als Ursache von Kesselexplosionen angegeben wird.

Nicht alle Körper sieden bei derselben Wärme, auch ändert sich der Siedepunkt, wenn ein fester Körper in einer Flüssigkeit aufgelöst ist.

Siedepunkt einiger Körper:

Reines Wasser		bei 100^0
Wasser mit 10 %	Kochsalz	„ $101\frac{1}{2}^0$
„ „ 40 %	„	„ $108\frac{1}{2}^0$

Alkohol	„	79°
Terpentinöl	„	157°
Leinöl	„	316°
Quecksilber	„	350°.

5. Specifisches Volumen des Dampfes. Dampf, welcher noch mit dem erzeugenden Wasser in Berührung ist, nennt man gesättigt. Die Wärme, die Spannung und der Rauminhalt desselben stehen in ganz bestimmter Beziehung zu einander. Die Größe des Rauminhaltes Dampf, welcher sich aus einer bestimmten Menge Wasser bildet, z. B. aus 1 ccm, richtet sich nach der Spannung und diese wiederum nach der Wärme. Man nennt die Zahl, welche angiebt, wie viel Rauminhalt Dampf sich aus einem Rauminhalt Wasser bei den verschiedenen Spannungen bilden, das specifische Volumen des Dampfes. Folgende Uebersicht giebt für Spannungen von 1 bis 12 Atmosphären die zugehörenden Wärmegrade und das specifische Volumen an:

Spannung in Atmosphären.	Temperatur nach Celsius.	Specifisches Volumen.
1	100	1700
2	120,6	900
3	133,9	620
4	144	477
5	152	388
6	159,2	326
7	165,3	282
8	170,8	248
9	175,8	221
10	180,3	200
11	184,5	190
12	188,4	176

Hiernach kann man aus 1 ccm Wasser 1700 ccm Dampf von 1 Atmosphäre, 200 ccm von 10 Atmosphären Spannung entwickeln. Dampf, welcher mit dem erzeugenden Wasser nicht mehr in Berührung ist, also für sich weiter erhitzt wird, nennt man überhitzt.

Er folgt anderen Gesetzen, deren Verfolgung an dieser Stelle keinen Zweck hat, da überhitzter Dampf im Locomotivkessel nicht vorkommt.

6. Specifische Wärme. Wir hatten diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, 1 kg Wasser um 1^0 mehr zu erwärmen, eine Calorie genannt. Nicht alle Körper gebrauchen gleich viel Wärme, damit die gleiche Menge um gleich viel Wärmegrade zunimmt.

Versuche haben dargethan, daß Wasser von allen Körpern am meisten Wärme gebraucht, damit diese bei einer bestimmten Menge Wasser um eine bestimmte Anzahl von Graden steigt. Wasser läßt sich von allen Körpern am schwierigsten heiß machen. Da 1 kg Wasser 1 Calorie gebraucht, damit die Wärme um 1^0 steigt, so gebraucht 1 kg von allen anderen Körpern weniger, also nur einen Bruchtheil, vielleicht nur $^1/_3$ oder $^1/_5$ u. s. w. Diesen Bruchtheil einer Calorie nennt man die specifische Wärme und die Eigenschaft des Körpers, mehr oder weniger Wärme zu seiner Erhitzung zu gebrauchen, die Wärmecapacität. Diese ist also für Wasser am größten, man hat sie = 1 gesetzt.

Wärmecapacität des Wassers = 1,
" " Kupfers = $^1/_{11}$,
" " Eisens = $^1/_9$.

Abgesehen von anderen Vortheilen, macht man also auch deshalb die Feuerkisten aus Kupfer, weil dieses Metall weniger Wärme gebraucht als Eisen, um selbst heiß zu werden.

7. Wärmeleitung. Legt man gleich lange und starke Stäbe von Holzkohle, Glas, Eisen und Kupfer mit dem einen Ende in dasselbe Feuer, so werden wir an dem anderen Ende nach längerer oder kürzerer Zeit fühlen, daß die Hitze sich durch den ganzen Stab verbreitet hat. Bei der Holzkohle dauert es sehr lange; wenn das eine Ende schon glühend ist, kann man das andere Ende ohne ein Gefühl des Schmerzes noch mit der Hand anfassen. Auch bei dem Glasstabe dauert es ziemlich lange. Die Stäbe von Eisen und Kupfer

dagegen werden viel schneller über die ganze Länge heiß; man bedarf sehr bald zum Anfassen einer Zange.

Einen Körper, welcher die ihm an einer Stelle zugetheilte Wärme schnell nach allen anderen Stellen leitet, nennt man einen guten, thut er dieses nur langsam, so wird er ein schlechter Wärmeleiter genannt. Die Metalle sind von allen Körpern die besten Wärmeleiter. Setzt man das Wärmeleitungsvermögen von

Kupfer = 100, so ist das von
Messing = 28,
Eisen = 18.

Kupfer leitet hiernach die Wärme mehr als fünf mal so schnell wie Eisen, was uns bei den kupfernen Feuerkisten zu Gute kommt.

Die Sieteröhren würden mit Rücksicht auf die Wärmeleitung besser aus Messing bestehen, hier geben jedoch andere Vortheile den Ausschlag.

Für die Wärme des Dampfes in dem Kessel und den Dampfcylindern, also auch für die Spannung, ist es wesentlich, daß die Wandungen möglichst wenig Wärme nach außen abgeben: wir kleiden deshalb den Kessel und die Cylinder in die schlechtesten Wärmeleiter ein, wir umgeben sie mit Holz, Filz, Matten von Cocosfasern, Stroh oder dergleichen.

5. Kraft und Arbeit. Mit Kraft bezeichnen wir Alles, was den augenblicklichen Zustand des Körpers verändert oder doch zu verändern strebt. Das Wesen der Kräfte ist uns nicht bekannt, ihr Vorhandensein gewahren wir nur durch ihre Wirkungen auf die Körper.

Wenn ein Körper in Ruhe ist, und er ändert dann seine Lage, so ist eine Kraft thätig, die als Ursache der Bewegung zu betrachten ist. Die Kraft bringt nicht immer eine Bewegung hervor; so bleibt z. B. ein unterstützter Körper in Ruhe, wenngleich die Schwerkraft vorhanden und bestrebt ist, ihn zur Erde zu ziehen; der Körper übt in diesem Falle einen Druck aus. Hängt er an einem Faden, so ändert er ebenfalls seine Lage nicht, der Körper übt jetzt einen Zug auf den Faden aus.

Außer der Anziehungskraft der Erde giebt es noch viele andere Kräfte, z. B. die Spannkraft einer Feder, die Expansivkraft des Dampfes, elektrische und magnetische Kräfte, dann die Kraft des Menschen und der Thiere (Muskelkraft).

Wie auch eine Kraft wirken mag, wir werden uns dieselbe stets durch ein passend angebrachtes Gewicht ersetzt denken können. Wenn beispielsweise der Kolben in dem Dampfcylinder durch die Dampfkraft verschoben wird, so können wir dieselbe Bewegung dadurch hervorbringen, daß wir an den Kolben eine Kette befestigen, diese über eine Rolle leiten und das frei herabhängende Ende hinlänglich belasten; der Kolben nimmt dann die vorher durch die Dampfkraft erzielte Bewegung an.

Bei Messung der Kräfte drücken wir diese deshalb in Gewichtseinheiten, wie Kilogramm, Centner u. s. w. aus.

Ein Körper setzt seiner Verrückung aus der augenblicklichen Lage einen gewissen Widerstand entgegen, welcher durch die Kraft, wenn sie groß genug ist, überwunden wird. Die Kraft wirkt also, wenn sie eine Bewegung hervorbringt, drückend (oder ziehend) und bewegend zugleich. Es ist dieses eine ganz andere Erscheinung, als wenn der Körper ruhend lediglich einen Druck oder Zug ausübt; man sagt in einem solchen Falle, die Kraft arbeitet oder leistet und nennt den Erfolg die Arbeit oder Leistung. Nehmen wir die einfachen Fälle, daß 100 kg ein Meter und daß 200 kg ein Meter weit fortgeschoben werden, so ist sofort klar, daß in dem zweiten Falle die Arbeit die größere und zwar die doppelte der ersteren ist.

Wird in beiden Fällen dasselbe Gewicht, z. B. 200 kg, fortgeschoben, aber ein Mal ein und das andere Mal zwei Meter, so leuchtet auch sofort ein, daß in dem zweiten Falle die Arbeit doppelt so groß ist. Es folgt hieraus, daß die Größe der Arbeit bei gleichen Widerständen von der Länge des Weges abhängt, auf welchem der Widerstand überwunden wird; dagegen bei gleich langen Wegen von der Größe des Widerstandes.

Um Arbeiten messen und mit einander vergleichen zu können, bedarf es einer Einheit; da die Arbeit aus der Ueberwindung eines Widerstandes (Fortbewegung einer Last) durch einen gewissen Weg besteht, so ist man übereingekommen, diejenige Leistung als *Einheit der Arbeit* anzunehmen, bei welcher 1 Kilogramm in 1 Secunde durch 1 Meter hindurchbewegt wird, man nennt diese Einheit der Arbeit ein *Meterkilogramm* und bezeichnet sie mit mkg, z. B. 30 mkg.

Die Erfahrung lehrt nun, daß es denselben Aufwand an Arbeit erfordert, ob man 2 kg durch 1 m, oder 1 kg durch 2 m bewegt, die Arbeit ist in beiden Fällen $2 \times 1 = 2$ mkg. Ferner ist die Bewegung von 2 kg durch 3 m eine ebenso große Arbeit, wie die Bewegung von 3 kg durch 2 m, sie ist in beiden Fällen $3 \times 2 = 6$ mkg.

Ueberhaupt erhält man die Arbeit einer bewegenden Kraft, indem man den in kg ausgedrückten Druck oder Zug (Widerstand) mit dem in Metern ausgedrückten Wege vervielfältigt; der Betrag giebt die Anzahl der geleisteten Meterkilogramme an.

Z. B.	10 kg	werden	2 m	fortgeschoben,	die Arb. ist	$10 \times 2 = 20$ mgk,
	2 "	"	10 "	"	" " "	$2 \times 10 = 20$ "
	35 "	"	4 "	"	" " "	$35 \times 4 = 140$ "
	1 "	"	130 "	"	" " "	$1 \times 130 = 130$ "
	1/2 "	"	280 "	"	" " "	$1/2 \times 280 = 140$ "
	280 "	"	1/2 "	" u. s. w.	" " "	$280 \times 1/2 = 140$ "

Durch eine große Anzahl von Versuchen hat man die Leistungsfähigkeit des Menschen und vieler Thiere festgestellt und zwar für den Fall, wenn sie ohne und wenn sie mit Maschine arbeiten. Ohne Maschine ist die Arbeit stets größer als mit Maschine, am größten dann, wenn nur der eigene Körper gehoben wird. Die Leistungsfähigkeit mit Maschine ist verschieden nach der Art der Maschine.

Es ist bekannt, daß Menschen und Thiere auf kurze Zeit einen viel größeren Widerstand überwinden und gleichzeitig auch eine viel größere Geschwindigkeit annehmen können, als dies auf die Dauer möglich ist. Für längere Zeit wird die größte Leistungsfähigkeit

bei einer mittleren Kraftanstrengung und mittleren Geschwindigkeit erreicht, welche beide durch Versuche festgestellt sind.

Bezeichnet P den zweckmäßigsten Widerstand in kg und v die entsprechende Geschwindigkeit in m, um die größte Arbeit auf die Dauer zu erzielen, so ist die Leistung l in einer Secunde und die Leistung L in einem Tage bei achtstündiger Arbeit in folgender Zusammenstellung für den Menschen und für einige Thiere, wenn sie ohne oder mit Maschine arbeiten, angegeben.

Motor ohne oder mit Maschine.	P kg	v m	l mkg in 1 Sec.	L mkg in 8 Stunden.
Mensch ohne Maschine . . .	15	0,79	11,8	339840
„ am Hebel	5,35	1,1	5,88	169344
„ an der Kurbel . .	10,12	0,79	7,99	230112
„ am Göpel	12,75	0,6	7,65	220320
„ „ Tretrad . . .	11,83	0,7	8,98	258624
„ „ Steigrad . . .	64	0,15	9,60	276480
Pferd ohne Maschine . .	**60**	**1,25**	**75**	**2160000**
„ am Göpel	45	0,9	40,5	1166400
Ochse ohne Maschine . . .	60	0,79	47,4	1365120
„ am Göpel	65	0,6	39	1123200
Maulesel ohne Maschine . .	50	1,1	55	1584000
„ am Göpel . . .	30	0,9	27	777000
Esel ohne Maschine . . .	40	0,79	31,6	910080
„ am Göpel	14	0,8	11,2	322560

Wie man sieht, ergiebt der Betrag aus der überwundenen Kraft mit dem zurückgelegten Wege, durch welchen die geleistete Arbeit ausgedrückt ist, sehr große und unbequeme Zahlen, man ist deshalb übereingekommen, eine größere Einheit anzunehmen, als welche die Leistung eines Pferdes gewählt ist, die, wie die Tabelle lehrt, 75 mkg

in einer Secunde beträgt. Diese Einheit hat man Pferdekraft, auch Pferdestärke benannt. Sie ist nun nichts weniger als eine Kraft, der Name ist schlecht gewählt, richtiger wäre schon die Benennung Pferdearbeit.

Die Leistung einer Dampfmaschine, in Pferdekräften ausgedrückt, hat überhaupt nichts mit Pferden zu schaffen. Die Anzahl der Pferdekräfte einer Maschine giebt keineswegs die Anzahl der Pferde an, welche diese Arbeit leisten könnten, so wird z. B. eine Schnellzug-Locomotive von 450 Pferdekräften nicht durch 450 Pferde ersetzt werden können.

Um die Anzahl der Pferdestärken einer Locomotive, mit welcher sie augenblicklich arbeitet, berechnen zu können, muß der Dampfdruck im Kessel, der Durchmesser und der Hub des Kolbens, der Durchmesser des Treibrades, der Expansionsgrad und die Geschwindigkeit bekannt sein.

Der Dampf des Kessels verliert auf seinem Wege nach den Cylindern durch Reibung und Abkühlung an Spannung, so daß er hier nicht mit dem vom Manometer angezeigten Drucke, sondern mit einem kleineren zur Wirkung kommt. Außerdem wird immer mit Expansion gefahren.

Der Dampf wirkt mit der Anfangsspannung im Cylinder nur während eines Theiles des Kolbenweges, so lange frischer Dampf zufließt, nach Absperrung des Dampfes wirkt er mit abnehmendem Drucke bis an's Ende des Kolbenlaufes.

Zur Berechnung der Leistung muß ein mittlerer Druck für den ganzen Kolbenweg in die Rechnung eingeführt werden. Durch zahlreiche Versuche ist dieser für verschiedene Kesselspannungen nnd für wechselnde Expansionsgrade festgestellt.

Für die üblichen Spannungen von 9—12 Atm. und für die Expansionsgrade $^1/_4$, $^3/_8$, $^1/_2$, $^5/_8$, $^3/_4$ und für die volle Füllung giebt die nachstehende Tabelle folgende mittlere Werthe.

1. Kessel-spannung. Atm.	*) 2. Druck auf 1 qcm kg	Mittlerer Druck im Cylinder auf 1 qcm auf den ganzen Kolbenweg.					
		3.	4.	5.	6.	7.	8.
		volle Füllung.	3/4	5/8	1/2	3/8	1/4
6	6	5,32	4,39	3,88	3,32	2,67	1,90
7	7	6,20	5,14	4,53	3,80	3,12	2,23
8	8	7,09	5,85	5,16	4,41	3,55	2,53
9	9	**7,98**	6,60	5,83	**4,98**	4,01	**2,86**
10	10	8,86	7,31	6,45	5,50	4,44	**3,17**
11	11	9,72	8,02	7,08	6,05	4,87	3,47
12	12	10,63	8,77	7,75	6,62	5,32	3,80

Beispiel. Die Kesselspannung sei 9 Atm., d. i. 9 kg auf 1 qcm. Der Dampf kommt nach Spalte 3 mit einer Spannung von 7,98 kg auf 1 qcm in dem Cylinder an, und er wirkt, wenn ohne Expansion gefahren wird, mit dieser Spannung während des ganzen Kolbenweges. Wird mit 1/2 Füllung gefahren, so ist nach Spalte 6 der mittlere Druck während des ganzen Kolbenhubes 4,98 kg auf 1 qcm; sperrt man den Dampf ab, wenn der Kolben erst 1/4 seines Weges zurückgelegt hat, so ist nach Spalte 8 der in die Rechnung einzustellende Druck für den ganzen Kolbenweg nur 2,86 kg für 1 qcm.

Stellen wir uns eine Schnellzuglocomotive vor mit folgenden für die Berechnung der Pferdestärken in Betracht kommenden Abmessungen 2c.:

1. die zulässige Dampfspannung im Kessel = 10 Atm. = 10 kg auf 1 qcm,
2. der Kolbendurchmesser = 43 cm,
3. der Kolbenhub = 0,57 m,

*) Die Werthe sind abgerundet.

4. der Durchmesser der Treibräder = 1,883 m,
5. die Geschwindigkeit = 75 km in 1 Stunde,
6. der Expansionsgrad = $^1/_4$.

Die Kolbenfläche ergiebt sich, indem man den Halbmesser mit sich selbst und den Betrag wieder mit $^{22}/_7$ oder 3,14 vervielfältigt. Dieselbe ist gleich $\frac{43}{2} \times \frac{43}{2} \times 3,14 = 21,5 \times 21,5 \times 3,14 = 1451$ qcm*). Bei der Kesselspannung von 10 kg auf 1 qcm und dem Expansionsgrade $^1/_4$ ist der mittlere im Cylinder zur Geltung kommende Druck auf den ganzen Kolbenweg nach Spalte 8 der Tabelle = 3,17 kg auf 1 qcm. Der ganze Druck auf den Kolben ist dann: $1451 \times 3,17 = 4599$ kg. Der Hub ist 0,57 m, also die Arbeit während eines Hubes $= 4599 \times 0,57 = 2621$ mkg.

Einem Umgange des Treibrades entsprechen 2 Kolbenhübe an jeder Seite, also 4 zusammen; während einer Umdrehung ist demnach die Arbeit $= 4 \times 2621 = 10\,484$ mkg.

Die Geschwindigkeit der Locomotive ist 75 km (75000 m) in 1 Stunde (3600 Secunden), das ist in einer Secunde $= \frac{75000}{3600} = 20,8$ m. Bei dem Durchmesser des Rades von 1,883 m ist der Umfang $1,883 \times 3,14 = 5,9$ m und dreht sich das Rad in einer Secunde $\frac{20,8}{5,9} = 3,5$ Mal herum. Bei einer Umdrehung war die Arbeit = 10484 mkg, sie ist also bei 3,5 Umdrehungen oder in einer Secunde $= 10\,484 \times 3,5 = 36\,694$ mkg oder, da 75 mkg = 1 Pferdekraft, $= \frac{36\,694}{75} = 489$ Pferdekräften.

Wir fanden, daß sich das Rad in einer Secunde 3,5 Mal herumdreht; jeder Umdrehung entsprechen zwei Kolbenhübe, der Kolben macht demnach in einer Secunde $3,5 \times 2 = 7$ Hübe, jeder ist 0,57 m, also legt der Kolben in einer Secunde einen Weg $= 7 \times 0,57 = 3,99$ m zurück und zwar unter einem Drucke von

*) Die Werthe werden abgerundet.

4599 kg, die Arbeit ist also = 4599 × 3,99 = 18350 mkg für einen und 2 × 18350 = 36700 mkg für beide Kolben, d. i. $\frac{36700}{75}$ = **489** Pfdkrft., dasselbe Ergebniß, welches wir oben auf anderem Wege fanden.

Es soll noch die Leistung einer Güterzuglocomotive mit folgenden Abmessungen berechnet werden.

a. Kolbendurchmesser d = 45 cm.
b. Kolbenhub . . . l = 0,625 m.
c. Raddurchmesser . . D = 1,404 m.
d. Spannung im Kessel s = 10 Atm.
e. Expansionsgrad . . e = $^3/_8$.
f. Wirksamer Druck im Cylinder, Spalte 7, p = 4,44 auf 1 qcm.
g. Die Geschwindigkeit = 30 km in 1 Stunde, d. i. 8,33 m in 1 Secunde.

1. Die Kolbenfläche = $\frac{d}{2} \times \frac{d}{2} \times 3{,}14$ = 1589,6 qcm.
2. Der Druck auf den Kolben = 1589,6 × 4,44 = 7057,8 kg.
3. Die Arbeit eines Hubes = 7057,8 × 0,625 = 4411 mkg.
4. Die Arbeit bei vier Hüben oder einer Umdrehung = 4411 × 4 = 17644 mkg.
5. Geschwindigkeit der Locomotive in 1 Secunde = 8,33 m.
6. Radumfang . . . . = 1,404 × 3,14 = 4,4 m.
7. Radumdrehung in einer Secunde 8,33 : 44 = 1,893 Mal.
8. Die Arbeit in einer Secunde 17644 × 1,893 = 33400 mkg = $\frac{33400}{75}$ = **445** Pfdkrft.
9. Anzahl der Kolbenhübe in 1 Sec. = 1,893 × 2 = 3,786
10. Weg des Kolbens in 1 Sec. = 3,786 × 0,625 = 2,366 m.
11. Die Arbeit für beide Kolben = $\frac{2 \times 2{,}366 \times 7057{,}8}{75}$ = **445** Pferdekrft.

Kesselprüfungen.

Zum Schluß des ersten Theiles unseres Werkes geben wir eine kurze Abhandlung über Kesselprüfungen, welche vielen Lesern nicht unwillkommen sein wird.

Nach der Betriebsordnung müssen die Locomotiven nach gewissen Zeitabschnitten gründlichen Untersuchungen unterworfen werden.

Solche stets mit einer Kesseldruckprobe zu verbindenden Untersuchungen haben nach jeder größeren Kesselreparatur, niemals jedoch später als nach drei Jahren nach der letzten Untersuchung zu erfolgen.

Höchstens 8 Jahre nach der Inbetriebstellung der Locomotive muß der Kessel, nach Entfernung der Siederohre, auch im Innern untersucht werden, welche Untersuchung nicht später als nach 6 Jahren zu wiederholen ist.

Bei jeder Prüfung muß der Kessel von der Bekleidung entblößt und mit einer Druckpumpe geprobt werden.

Die Größe des anzuwendenden Druckes richtet sich nach der zulässigen Dampfspannung, sie übersteigt diese um 5 Atmosphären bei Dampfspannungen von mehr, und beträgt das Doppelte bei Dampfspannungen von 5 und weniger als 5 Atmosphären.

Ist z. B. ein Kessel behördlich auf 4 Atmosphären Ueberdruck genehmigt, so ist der bei der Probe anzuwendende Druck $2 \times 4 = 8$ Atmosphären, während er gleich $9 + 5 = 14$ Atmosphären sein muß, wenn die zulässige höchste Dampfspannung 9 Atmosphären beträgt.

Die Untersuchungen und Druckproben haben den Zweck, den Zustand des Kessels festzustellen, etwaige Mängel zu entdecken und Gewißheit zu erlangen, daß der Kessel für den erlaubten größten Dampfdruck noch hinlänglich stark ist.

Wenn der Kessel bei der Probe seine Form bleibend verändert, so muß die Höhe des zulässigen Dampfdrucks vermindert oder der Kessel unter Umständen als unsicher in Abgang gebracht werden.

Die Untersuchung soll sich auf alle Theile, also auf den äußeren Kessel, auf die innere Feuerkiste, auf die Verankerung und auf die Siederohre beziehen.

Eine genaue innere Untersuchung der äußeren Feuerkiste kann nur vorgenommen werden, wenn die Siederohre und die innere Feuerkiste aus dem Kessel entfernt sind.

Sind nur die Siederohre ausgezogen, so müssen zur Untersuchung des Feuerkistenmantels bei nicht überhöhter Feuerkiste sowohl die Deckenanker als auch deren Aufhängungen losgenommen werden; bei genügend überhöhter äußerer Feuerkiste dürfen die Deckenanker, soweit sie nicht selbst zu Bedenken Veranlassung geben, sitzen bleiben.

Bei einer Absteifung der Feuerkistendecke durch Stehbolzen fällt die Untersuchung der äußeren Feuerkiste, wenn die Stehbolzen nicht losgenommen werden, immer mangelhaft aus. Wird die Kesselprobe nicht mit einer inneren Untersuchung verbunden, bleiben also die Siederohre im Kessel, so gelingt die Untersuchung der Verankerung nur in beschränktem Maße durch die Oeffnungen für die Sicherheitsventile, die Regulatorwelle 2c., und muß aus dem äußeren Zustande des Kessels und nach den Erscheinungen (Formveränderungen) bei der Druckprobe auf den Zustand im Innern geschlossen werden.

Wegen der bedeutenden Kosten, welche aus einem Losnehmen der inneren Feuerkiste erwachsen, entfernt man diese meist nur dann, wenn sie erneuert werden soll, oder wenn solches erhebliche Ausbesserungen an ihr oder dem Feuerkistenmantel nöthig machen.

Die Dauer der Dienstfähigkeit des äußeren Kessels und der inneren Feuerkiste richtet sich nach der Güte des verwendeten Metalles, nach der Leistung und Beaufsichtigung und vorzugsweise nach der Güte des Speisewassers; sie schwankt für Kessel, bei den Anforderungen, wie sie an die neueren Locomotiven gestellt werden, zwischen 5 und

16 Jahren und ist etwas geringer für Feuerkisten, welche demnach die zweite innere Untersuchung in der Regel nicht überdauern.

Bei Kesseln mit erhöhter äußerer Feuerkiste genügt es meist, wie schon angegeben, die Hängeeisen behufs Vornahme der Untersuchung loszumachen; ist keine Ueberhöhung vorhanden oder sind die Deckenanker durch Stehbolzen ersetzt, so ist der allgemeine Zustand des Kessels, ob er viel oder wenig durch Rost oder in anderer Weise gelitten hat, dafür maßgebend, ob zur Vornahme einer gründlichen Untersuchung die Deckenanker oder Stehbolzen zu entfernen sind oder nicht.

Ist keine innere Prüfung mit der Druckprobe verbunden, so muß man sich damit begnügen, mit einer kleinen, an einem Drahte befestigten Oellampe die Verankerungen und Umbörtelungen des Feuerkistenmantels zu beleuchten und durch die Ventilöffnungen ꝛc., so gut es eben angeht, zu untersuchen.

Der Abschnitt über die Verankerung giebt Anhaltspunkte, an welchen Theilen Schäden am leichtesten vorkommen, und wo sie am bedenklichsten sind.

Wird mit einem leichten Hammer gegen den einen Kopf von Stehbolzen geschlagen, so ist sowohl an dem Schlage, als auch daran, wie sich derselbe auf einen vor den zweiten Kopf gehaltenen Hammer überträgt, ein Bruch mit ziemlicher Sicherheit zu erkennen. Sind die Stehbolzen durchbohrt, so zeigen sich Brüche schon während des Betriebes. Bei der Untersuchung hat man sein Augenmerk besonders darauf zu richten, ob nicht einzelne Durchbohrungen verstopft sind. Bricht ein Stehbolzen auf der Fahrt, so schlägt der Führer, um das Lecken zu beseitigen, häufig einen Nagel in die Bohrung, wobei dann die Meldung des Vorfalls oft vergessen wird.

In zweifelhaften Fällen muß stets der Stehbolzen erneuert werden, was auch mit den Nachbarbolzen zu geschehen hat, wenn an einer Stelle mehrere Bolzen gebrochen sind, da auch dort kleine Anbrüche zu befürchten stehen. Gleichfalls sind solche Bolzen zu erneuern, deren Köpfe fortgebrannt sind.

Sehr mit Kesselstein verunreinigte Kessel und solche, welche durch Wassermangel gelitten haben, zeigen häufig Ausbauchungen der inneren Feuerkiste.

Solche Stellen müssen angebohrt werden, um festzustellen, ob sie noch genügende Stärke haben. Hat das Blech mehr als $^1/_3$ seiner ursprünglichen Stärke verloren, so ist es auszuhauen und durch neues zu ersetzen. Die Stehbolzen sind an solchen ausgebauchten Stellen besonders sorgfältig zu untersuchen.

Einbrüche, Risse und Furchen findet man am häufigsten an den umgebörtelten Stellen der Feuerkiste, in ihrer Decke und am Dichtungsringe mit dem Mantel, weil diese Stellen am meisten durch die Ausdehnung der Bleche bei dem Anheizen leiden.

Die äußere Feuerkiste anbelangend, so sind auch hier besonders die in der Nähe des Dichtungsringes liegenden Theile zu untersuchen. Am häufigsten werden Risse etwa in der Höhe der Kesselmitte bei g, Taf. 1, Fig. 1, an dem vorderen Bleche des Mantels beobachtet.

Die vordere Rohrwand zeigt in den unteren Stellen, rings an ihrer Verbindung mit dem Langkessel, oft eine Furche, welche sowohl an der dem Kessel als auch an der der Rauchkammer zugewandten Seite oder an beiden Seiten auftritt. Bei dem Anheizen werden die Siederohre früher warm als der Langkessel, sie dehnen sich daher etwas mehr aus als dieser und bewirken eine geringe Durchbiegung der Rohrwände, die nach dem Erkalten wieder verschwindet.

Als Beweis, daß diese stets wiederkehrenden Durchbiegungen die Ursache obiger Erscheinung bilden, kann der Umstand dienen, daß die Brüche oberhalb der Siederohre, wo die Rohrwand mit der Rückwand des Kessels durch Anker abgesteift ist, verschwinden, und daß sie bei Kesseln mit Messingrohren, die sich in der Wärme mehr ausdehnen als solche von Eisen, am stärksten auftreten.

Da jeder Stoß gegen die Buffer durch die nur mit der Rauchkammer fest verbundenen Rahmen auf diese und den Langkessel übertragen wird, so ist es erklärlich, daß der Winkelring, welcher den Langkessel mit der vorderen Rohrwand verbindet, in der Höhe der

Rahmenoberkante am meisten leidet. In der That kann man hier mit seltenen Ausnahmen durch Rost angefressene und undichte Stellen beobachten.

Der Langkessel zeigt oft in seinen unteren Stellen, besonders dort, wo nach der Entleerung noch Wasser stehen bleibt, Rostgruben, seltener lange Rillen; diese letzteren treten dagegen häufiger an den wagerechten Nietreihen auf.

Greifen die Seitenbleche über das untere Blech, so wird durch das Verstemmen der Fuge im Innern des Kessels leicht eine Rille gebildet, in welcher das Wasser nach der Entleerung des Kessels stehen bleibt und zur Bildung von Rostfurchen Anlaß giebt.

Wird die Verbindung nicht durch eine aufgelegte Lasche, Fig. 184, sondern wie in Fig. 182 bewirkt, so verliert der Kessel seine runde Form, der Dampfdruck, der diese wieder herzustellen, also den Kessel in die punktirt gezeichnete Form zu bringen

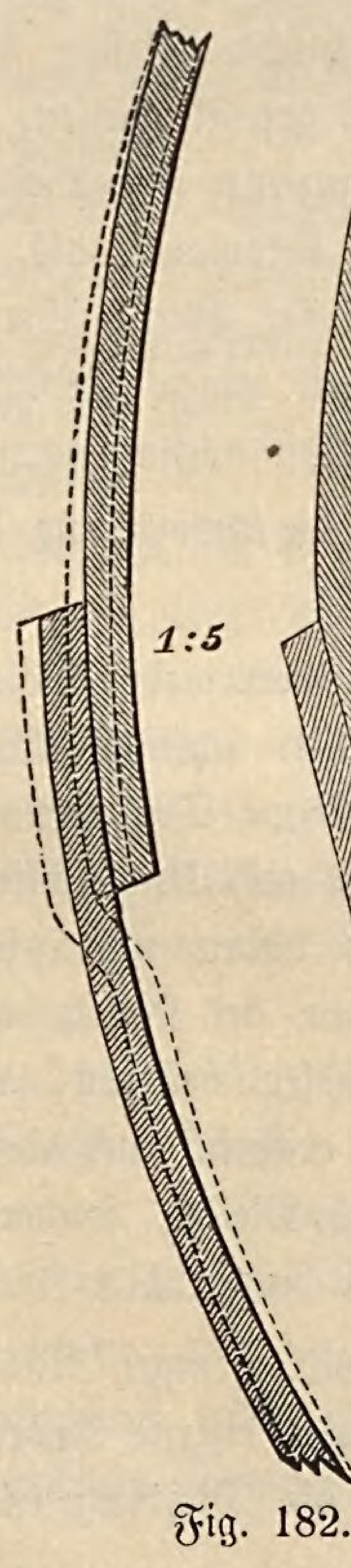


Fig. 182.

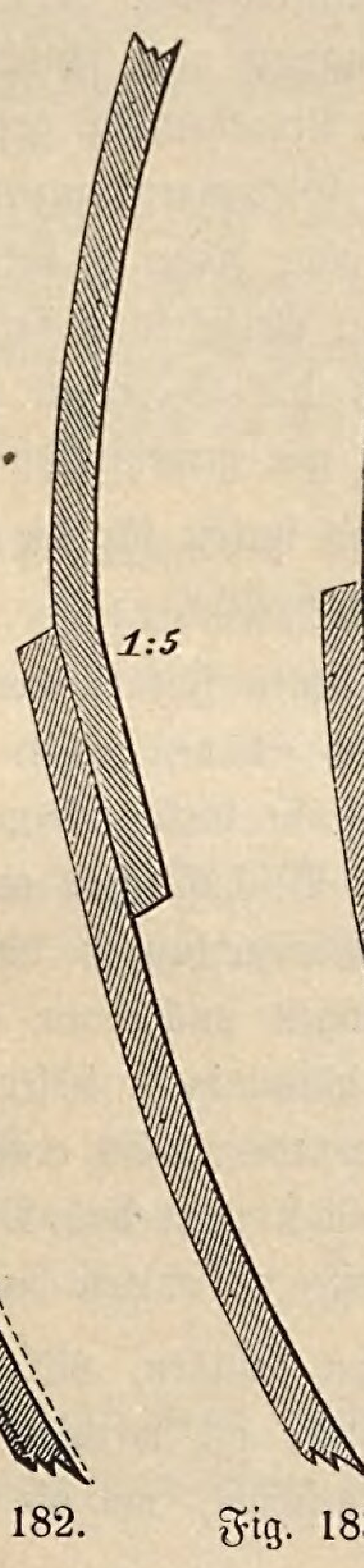


Fig. 183.

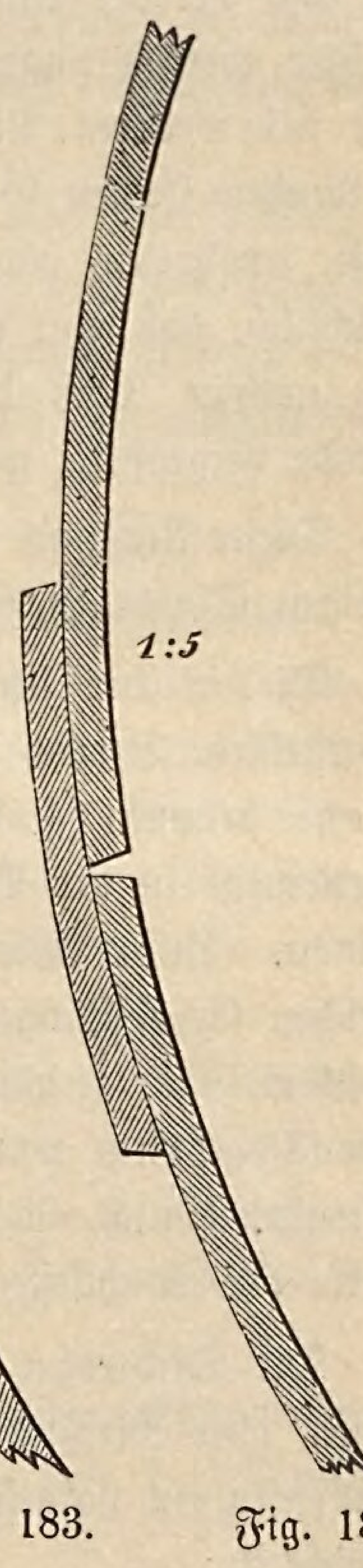


Fig. 184.

sucht, veranlaßt Biegungen der Bleche und dadurch Einbrüche oder Rostfurchen. Will man nicht Laschen, wie in Fig. 184 gezeichnet, anwenden, so ist die in Fig. 183 angedeutete Vernietung der von Fig. 182 vorzuziehen.

Besondere Aufmerksamkeit ist auf die Verbindung des Dampfdoms mit dem Langkessel zu richten, mag dieselbe durch Umbörtelung des Domblechs oder durch einen besonderen Winkelring hergestellt sein.

Je stärker das zu den Kesseln verwandte Blech ist, je weniger es also bei der Anfertigung durch die Walzen gegangen ist, desto leichter werden unganze oder schlechte Stellen übersehen werden, die sich bei weiterer Verarbeitung gezeigt hätten. Die nicht zu vermeidenden kleinen Biegungen einzelner Kesseltheile kann dünnes Blech besser aushalten, ohne Risse zu bekommen, als stärkeres; es ist also ersichtlich, daß eine Verstärkung der Bleche über das für die Festigkeit nöthige Maß die Sicherheit gegen Explosionen nicht in dem Grade vergrößert, wie gemeiniglich angenommen wird.

Dieser Umstand spricht für die Anwendung des sehr widerstandsfähigen Stahls zu Kesseln.

Die in den letzten Jahren von vielen Bahnen mit Stahlkesseln angestellten Versuche haben meist schlechte Ergebnisse gehabt; die Bleche bekamen große Rostgruben. Der Grund dieser Erscheinung wird meist in der Beschaffenheit und Ungleichförmigkeit des Stahles gesucht. Unsere Beobachtungen haben nun aber ergeben, daß die gleichen Erscheinungen auch dann bei Kesseln auftreten, welche aus weichem und gleichförmigem Eisen bestehen, wenn die Kesselbleche schwach gehalten wurden. Es erscheint aus diesem Grunde nicht als unwahrscheinlich, daß nicht das Metall, sondern die geringe Blechstärke der Stahlkessel zu obigen Rostgruben Anlaß gab.

Die Siederohre bestehen, mit wenigen Ausnahmen, aus Stahl, Eisen oder Messing; oft werden eiserne Rohre mit Messing- oder Kupferstulpen vorgeschuht, um die Dichtung in den Rohrwänden zu erleichtern.

Ein Platzen von eisernen Siederohren kommt selten vor, es tritt dagegen bei älteren Messingrohren ziemlich häufig ein.

Sind bei eisernen Siederohren die Börtel noch gut, hat kein starkes Lecken der Rohre stattgefunden und ist der Belag der Rohre mit Kesselstein kein zu starker geworden, so liegt, wenn keine innere Untersuchung des Kessels vorgenommen werden soll, kein Grund vor, die Rohre loszunehmen. Oft entfernt man nur einen Theil der Siederohre zum Zwecke der besseren Reinigung derselben und des Kessels von Kesselstein.

Messingrohre wird man, wenngleich ihr Zustand im Uebrigen dazu keinen Anlaß giebt, ausziehen und untersuchen, wenn öfter Rohrbrüche stattgefunden haben.

Die ausgezogenen Rohre, mögen sie aus Eisen oder Messing bestehen, werden sorgfältig von Kesselstein gereinigt und wird festgestellt, wie viel sie während ihrer Indienststellung an Gewicht verloren haben; ist der Verlust stärker als 25 %, so sind sie als Locomotivsiederohre nicht weiter zu verwenden.

Zeigt die Nachwiegung ein befriedigendes Ergebniß, so werden die Rohre vorgeschuht und einer Wasserdruckprobe unterworfen.

Ihrer Beanspruchung im Kessel entsprechend werden die Rohre, nachdem sie an beiden Seiten verschlossen sind, in einen Kessel gebracht, in welchem mittelst einer Druckpumpe ein Wasserdruck von 20—25 Atmosphären hergestellt wird. Die Rohre, welche fehlerfrei aus dieser Probe hervorgehen und im Innern trocken bleiben, dürfen weiter verwendet werden.

Die Vorrichtungen fallen einfacher aus, wenn jedes Rohr einzeln durch in dasselbe gedrücktes Wasser geprobt wird. Wenn mit einem leichten Hammer auf das Rohr, besonders auf die Verbindungsstelle, geschlagen wird, während es unter Druck steht, so sind etwaige Fehler ziemlich sicher zu erkennen.

Nach der Untersuchung wird der Kessel wieder zusammengesetzt, mit vollständigem Zubehör (Armatur) versehen und der Druckprobe unterworfen.

Man muß sich sehr hüten, zu viel Werth auf die Druckprobe zu legen, da dieselbe unter ganz anderen Umständen vor sich geht, als wenn der Kessel geheizt ist und sich in betriebsfähigem Zustande befindet.

Die alten Vorschriften, die Kessel mit doppeltem und mit dreifachem Drucke zu proben, wirkten geradezu schädlich auf die Sicherheit ein, da Lockerungen einzelner Theile, besonders der Verankerung, bei diesem hohen Drucke leicht eintraten. Glücklicherweise sind diese Vorschriften beseitigt.

Die Kessel dürfen nach der Druckprobe keine bleibenden Durchbiegungen zeigen. Um sich zu überzeugen, daß dieser Vorschrift genügt ist, pflegt man oft mit mehr oder weniger unvollkommenen Geräthen die Durchbiegung der inneren Feuerkistendecke und, wenn man ein Uebriges thun will, auch noch die Durchbiegung der Hinterwand der äußeren Feuerkiste über der Feuerthür dort, wo die Versteifung durch Stehbolzen aufhört, zu messen.

Es ist klar, daß die vielerlei sonstigen Biegungen, sowie solche, welche durch die nie genau runde Form des Kessels entstehen, sich unmittelbaren Messungen entziehen.

Unseres Wissens wird nur in Bayern so verfahren, daß man das nach der Füllung des Kessels bis zur Erreichung des gewünschten Druckes noch eingepumpte Wasser mißt und untersucht, ob dasselbe wieder vollständig bis zum Verschwinden des Druckes abfließt.

Zwei Maß Wasser ist die größte Menge, um welche letztere Wassermenge geringer sein darf als erstere.

Es empfiehlt sich, vor der Probe das Wasser im Kessel auf 40—50 Grad zu erwärmen, weil es in diesem Zustande am leichtesten durch Undichtigkeiten dringt und solche anzeigt.

Man soll sich vor der Probe stets durch Lüften der Ventile genau überzeugen, ob der Kessel auch vollständig gefüllt ist, da anderseits kein Anhaltspunkt für die Güte des Kessels aus der Masse Wasser, welche zur Erreichung des nöthigen Druckes in denselben gepreßt werden muß, gewonnen werden kann. Ist die im Kessel

vorhandene Luftmenge bei der Probe bedeutend, so können durch die Expansivkraft derselben Unglücksfälle eintreten.

Zum Messen des Probedrucks werden amtliche Federmanometer oder offene Quecksilbermanometer angewandt. Auch die Belastung der Ventile ausschließlich nach diesen Manometern zu regeln, erregt Bedenken.

Mögen die Ventile durch unmittelbaren Federdruck oder Gewichte, oder durch Federn mit Hebelübersetzungen zugehalten werden, es kommt sehr häufig vor, daß der Stift, welcher das Ventil niederdrückt, nicht senkrecht zu dem Ventilsitze steht. Als Folge dieses Uebelstandes tritt ein Ecken des Ventils ein, welches eine unverhältnißmäßig starke Anspannung der Federn nöthig macht, wenn es dampfdicht schließen soll. Die häufigen Klagen der Führer, die Ventile bliesen vor Erreichung des zulässigen Dampfdruckes ab, haben schon deshalb, wo sie begründet sind, meist nicht in einem Lahmwerden der Federn, sondern in nachträglich entstandenen obigen Fehlern ihren Grund, weil sie eben so häufig bei Ventilen mit der Gewichtsbelastung von Kirchweger, als bei solchen mit Federbelastung sich finden.

Der richtige Weg zur Bestimmung der Ventilbelastung ist die Rechnung; das Manometer soll nur zur Prüfung der Rechnung und der genauen Anbringung des Ventils dienen.

Sachregister.

Fig. 1.

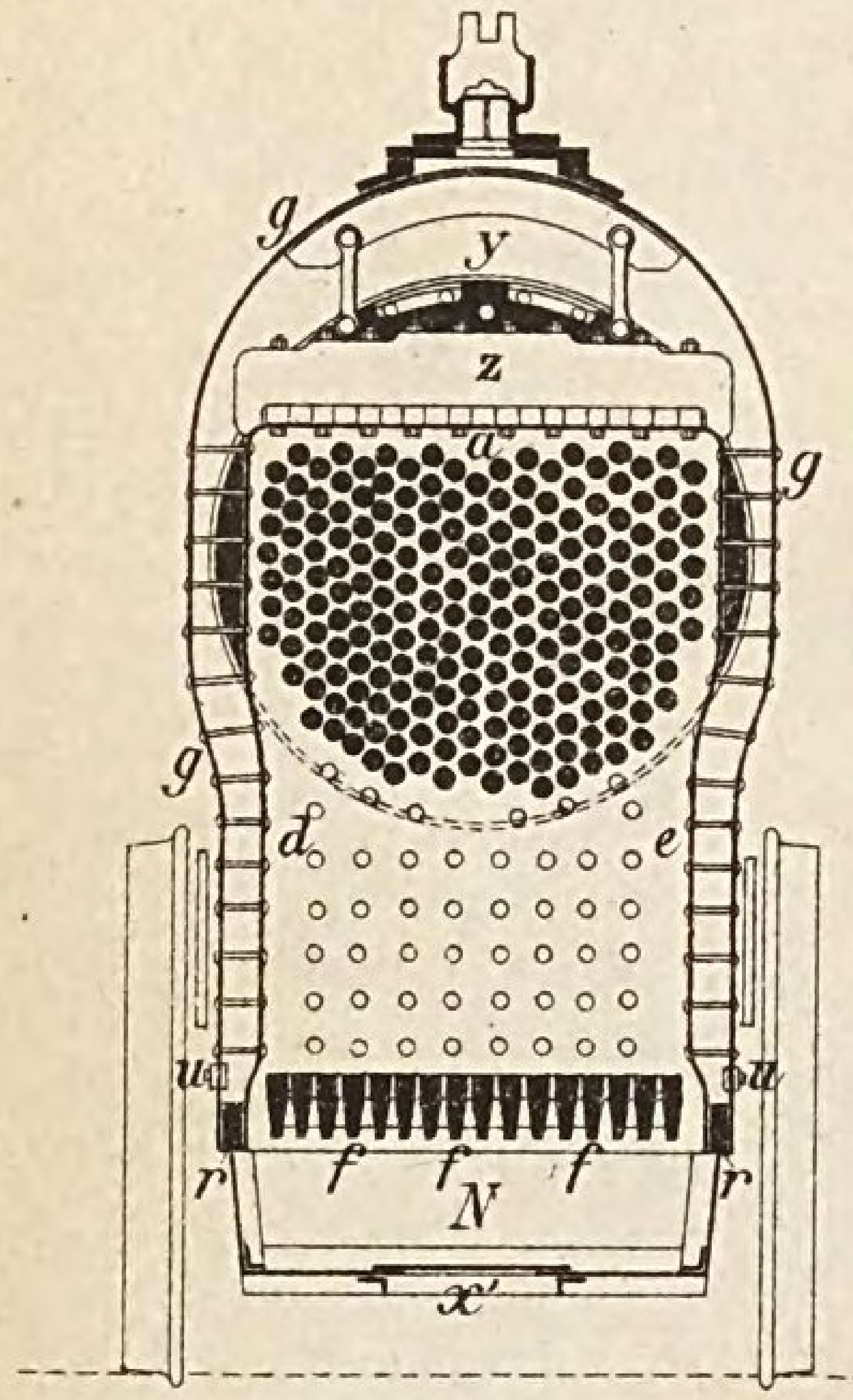


Fig.

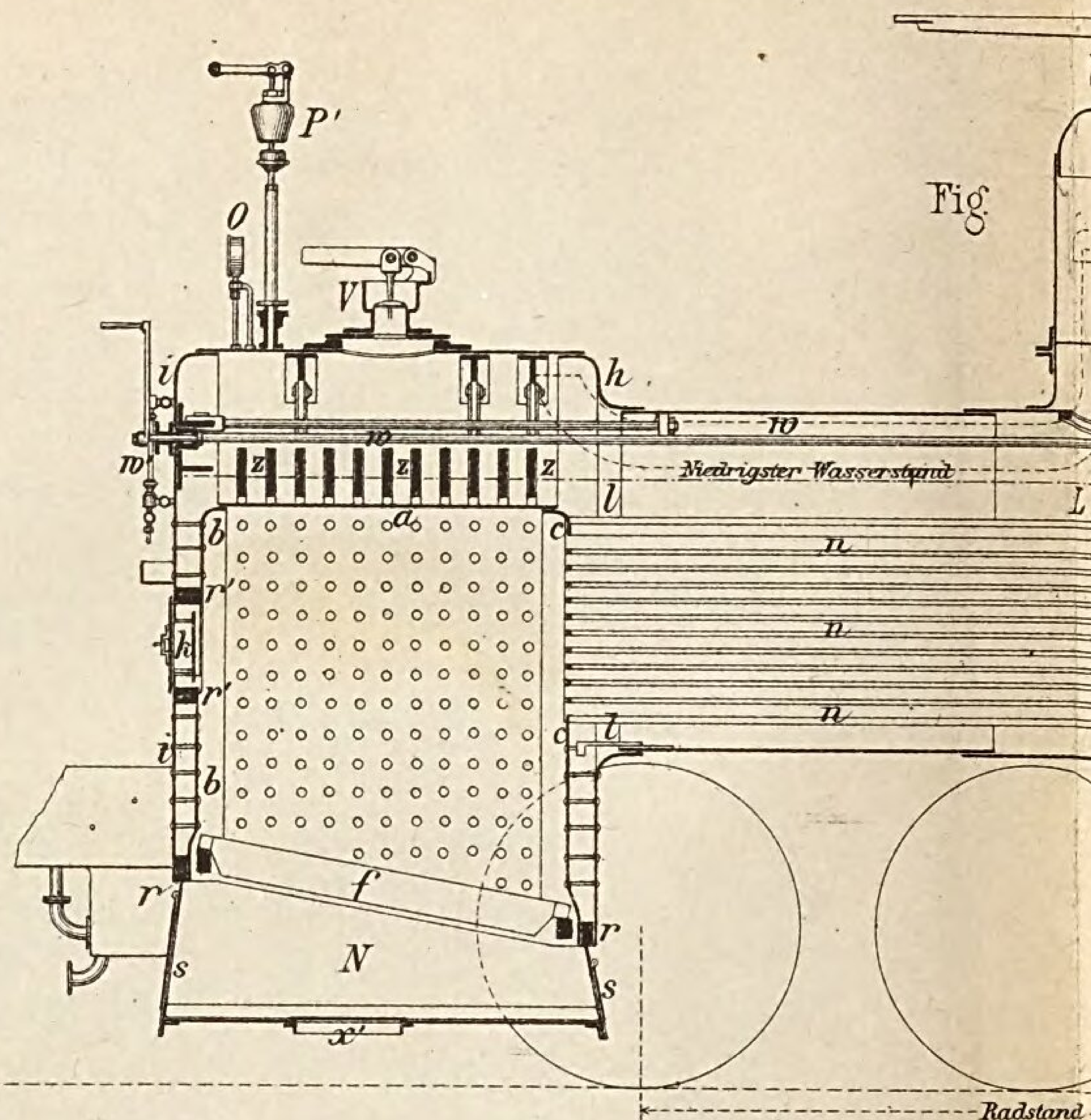


Fig. 4.

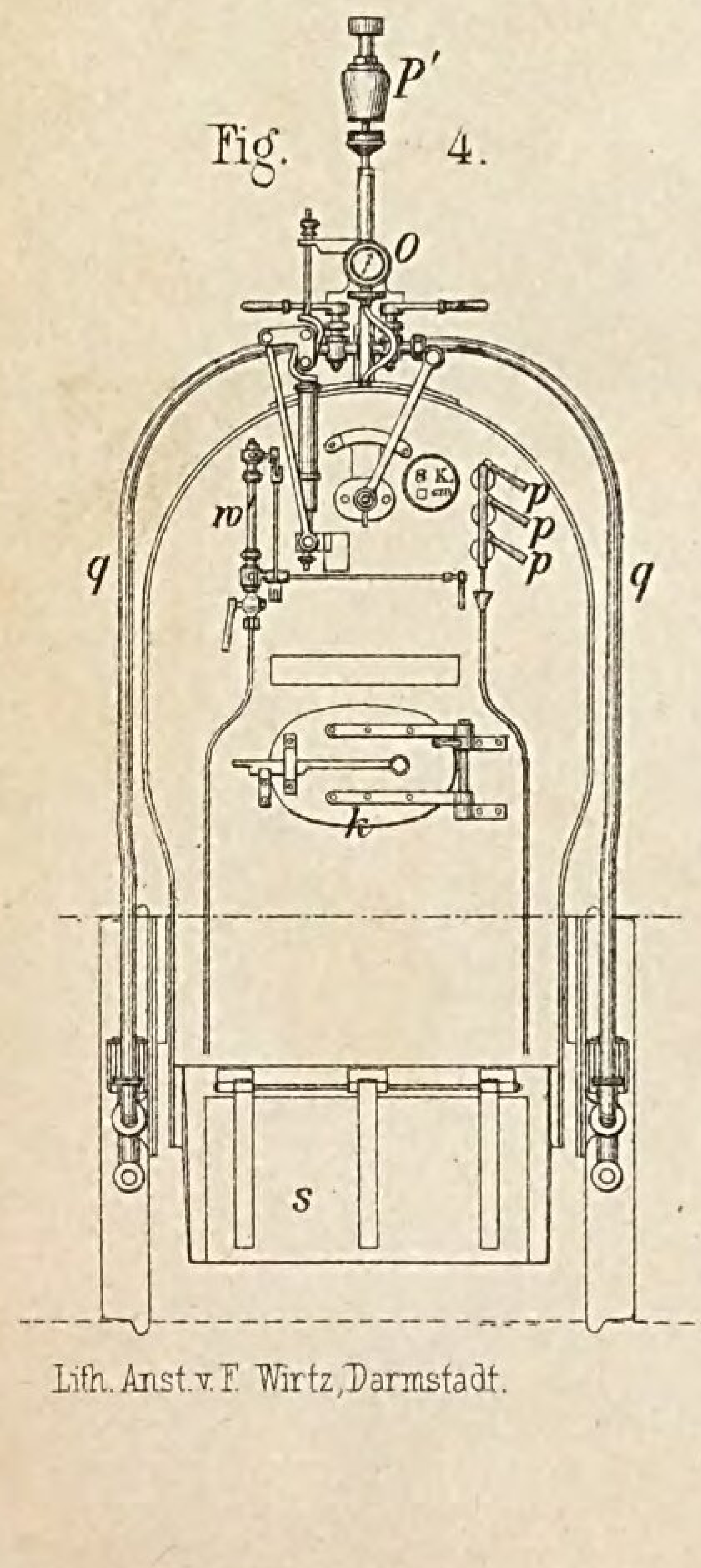
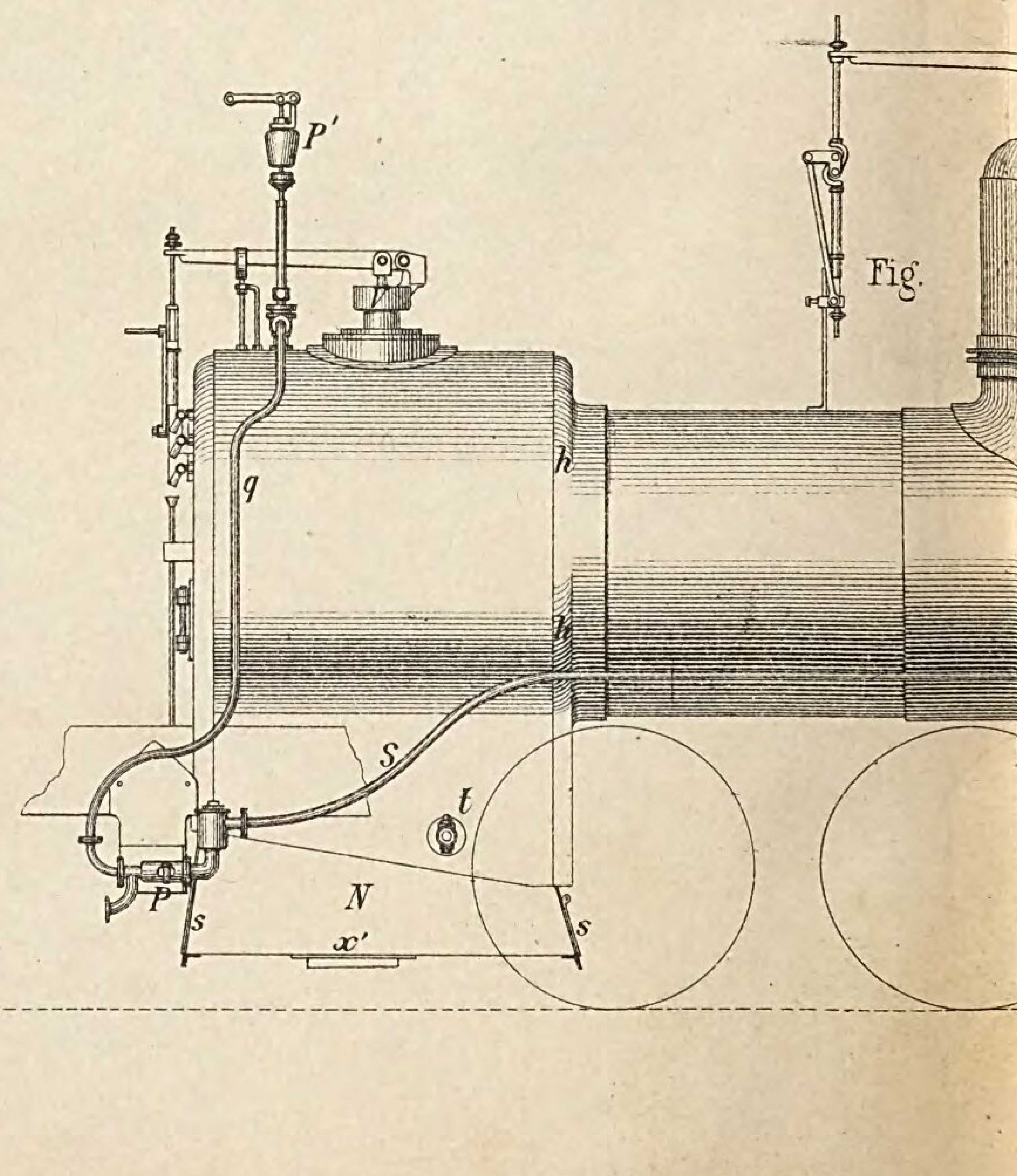
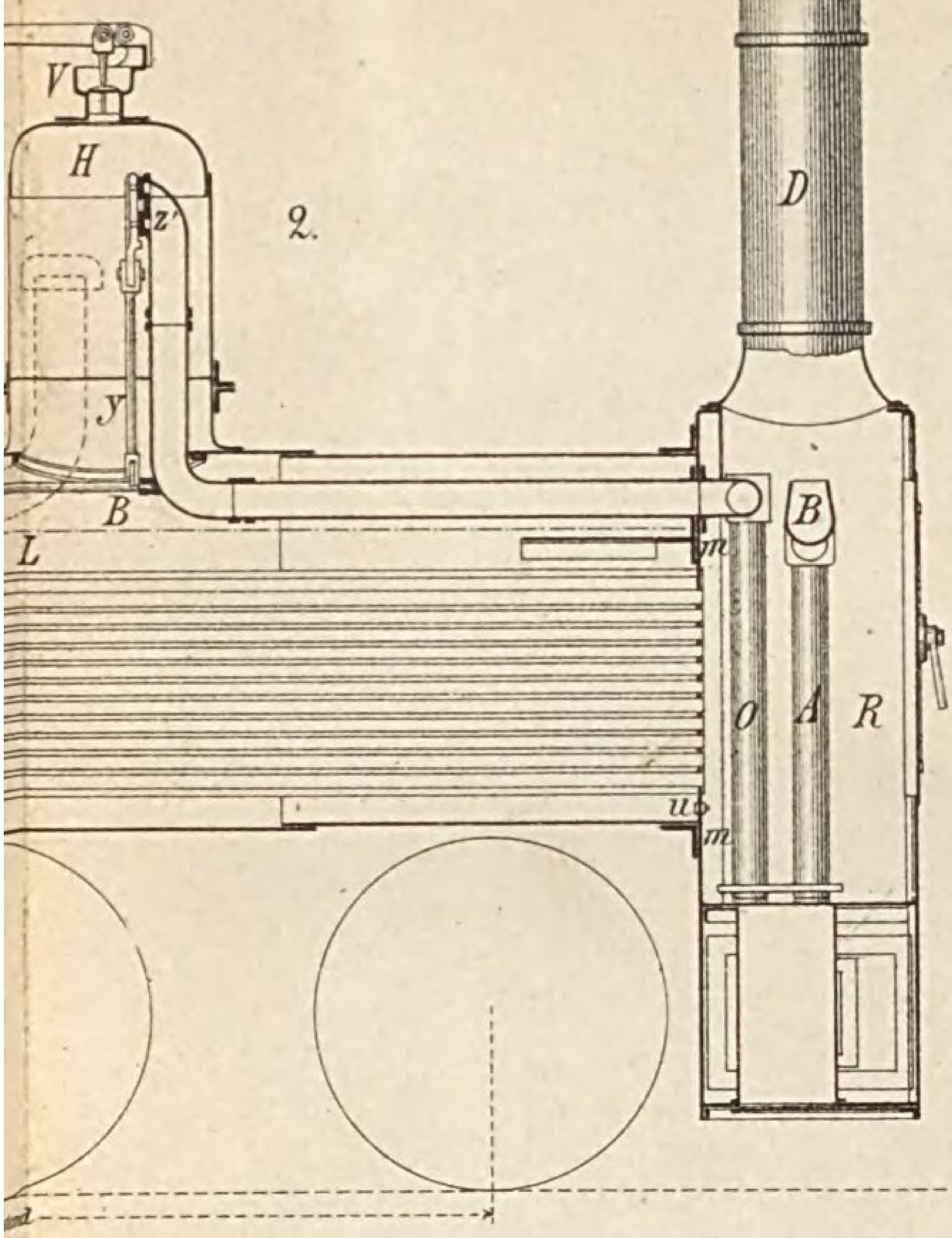


Fig.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



2.

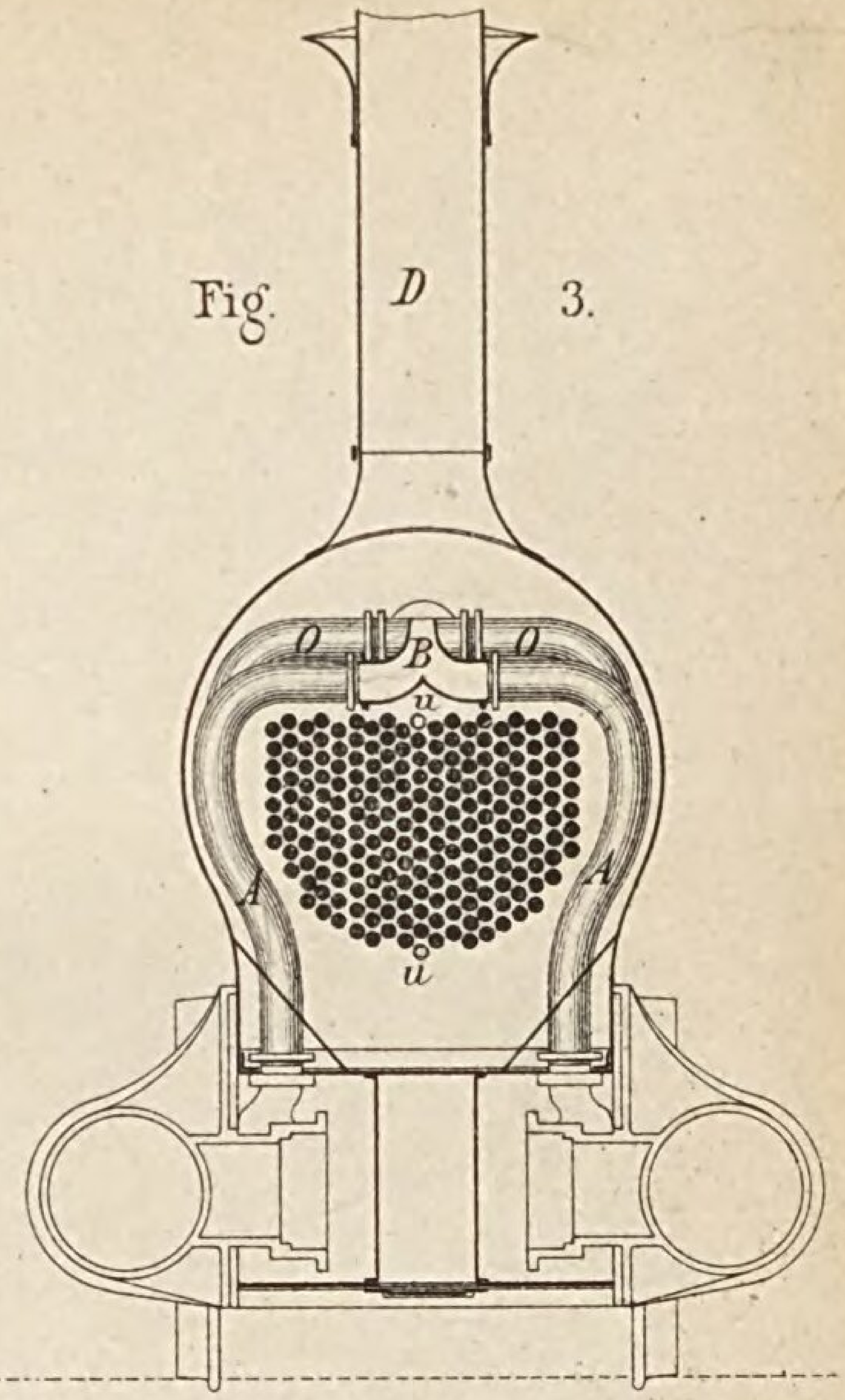
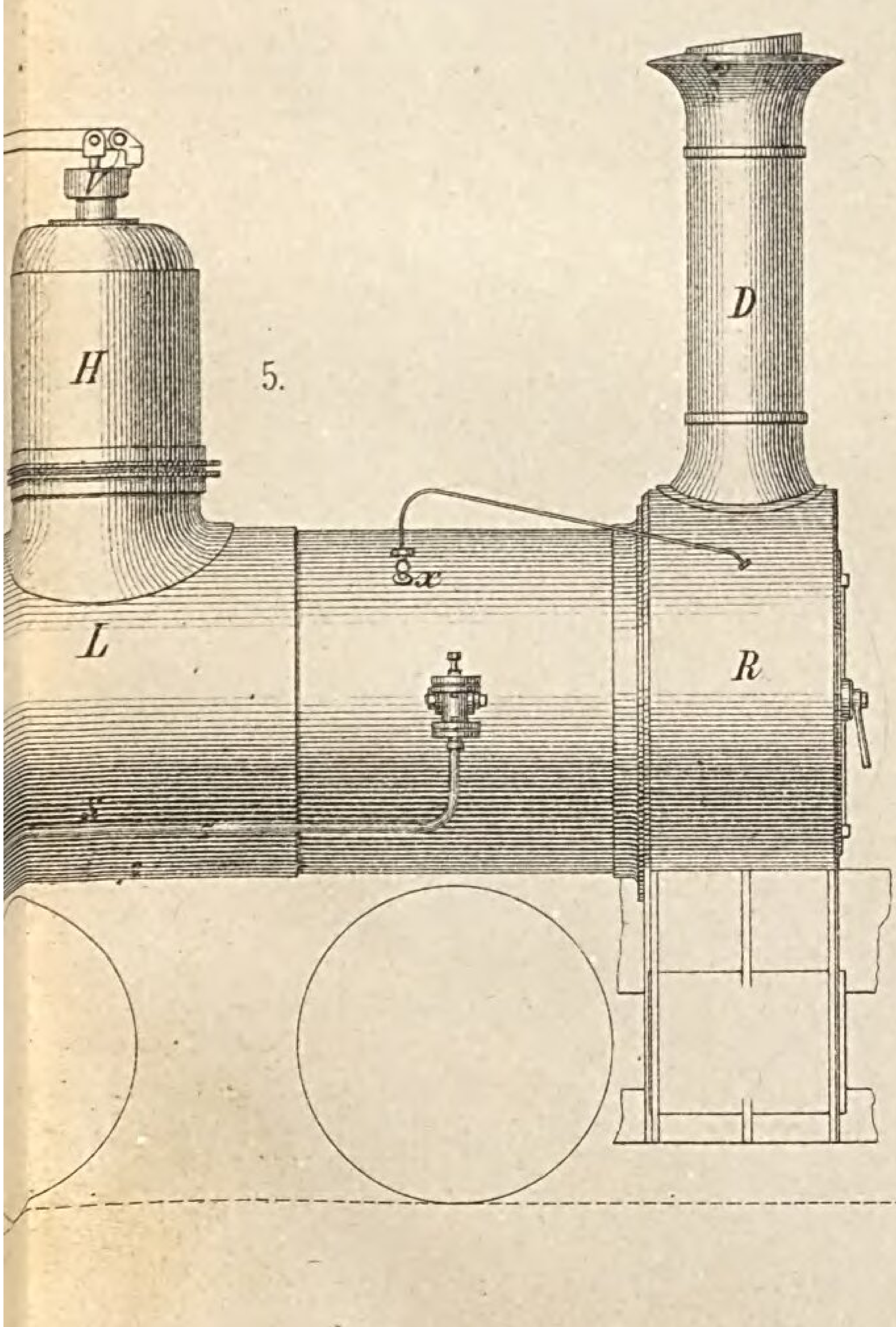


Fig. 3.



5.

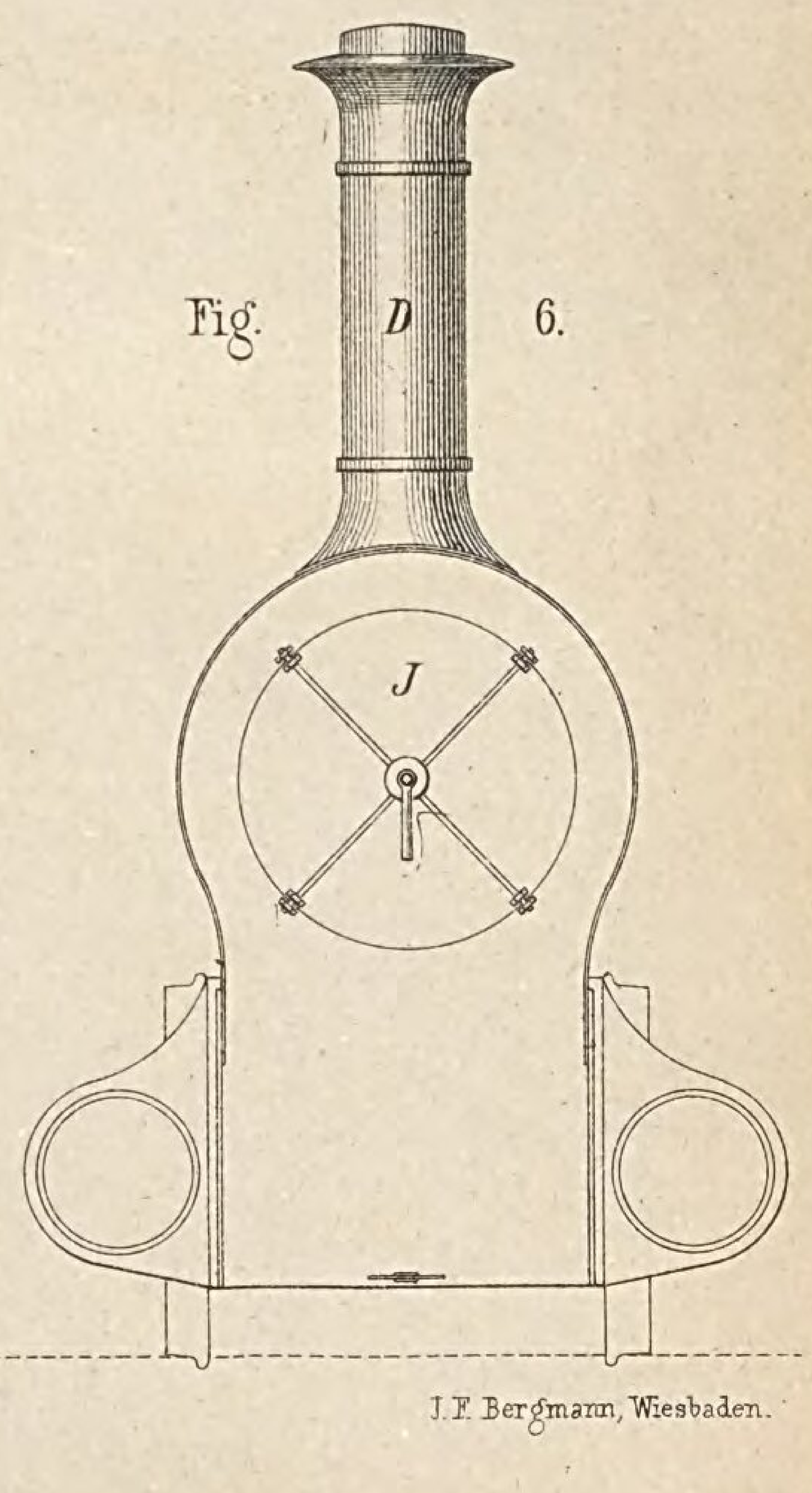


Fig. 6.

J. F. Bergmann, Wiesbaden.

Brosius, Ignaz, / Koch, Richard, / Brosius, Max

Die Schule des Locomotivführers Handbuch für Eisenbahnbeamte und Studirende technischer Anstalten

Bd.: 1

Wiesbaden 1894